

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/002711

International filing date: 21 February 2005 (21.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-193609
Filing date: 30 June 2004 (30.06.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 14 April 2005 (14.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

24.02.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2004年 6月30日

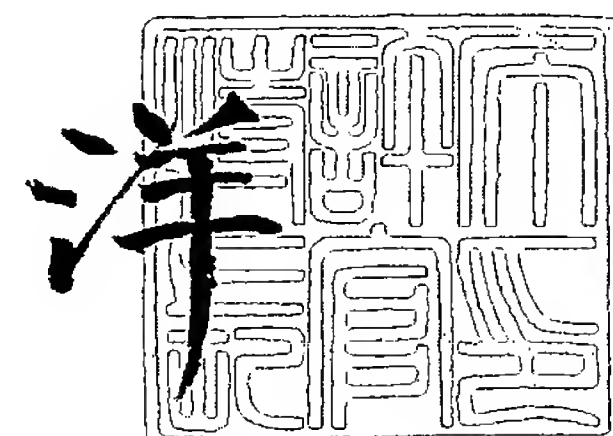
出願番号
Application Number: 特願2004-193609
[ST. 10/C]: [J·P 2004-193609]

出願人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

2005年 3月31日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 2908950104
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 27/22
H04N 13/00
G02B 27/01

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 高橋 健

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 中野 信之

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 岩見 良太郎

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 寺田 智裕

【特許出願人】
【識別番号】 000005821
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】
【識別番号】 100098291
【弁理士】
【氏名又は名称】 小笠原 史朗

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 035367
【納付金額】 16,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9405386

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

立体画像表示システムであって、
複数のオブジェクトのそれぞれを表すデータを、立体画像の奥行き方向に沿う距離の範囲毎に分類して順次的に出力する画像生成装置と、

前記画像生成装置から出力された各データに対して順次的に表示処理を行って、各前記オブジェクトを表す光が時間軸上で多重された光を発する表示装置と、

前記表示装置から出射された多重光に含まれる各オブジェクトに立体感又は距離感を与えて、これらオブジェクトを立体的に視認可能な立体画像光を生成する 1 又は複数の遠焦点化装置とを備え、

前記遠焦点化装置は、

内部に含む少なくとも 1 個の DMD (Digital Micro-mirror Device) が有するマイクロミラーの傾きを予め定められた時間毎に変更することで、前記表示装置の出射光から、複数のオブジェクトのいずれかを含む複数の部分光を分離する光路分岐回路と、

前記光路分岐回路により分離された複数の部分光のそれぞれが表すオブジェクトに、互いに異なる立体感又は距離感を与える遠焦点化部と、

内部に含む少なくとも 1 個の DMD が有するマイクロミラーの傾きを、前記予め定められた時間と実質的に同じ時間毎に変更することで、前記遠焦点化部から発せられた複数の部分光を、予め定められた時間毎に順番に選択し、選択した光を順次的に出力して多重光を生成する光路選択回路とを含む、立体画像表示システム。

【請求項 2】

前記遠焦点化部は、前記光路分岐回路で分離された各部分光のそれぞれに割り当てられ、かつ互いに異なる焦点距離を持つ光学部品を有する、請求項 1 に記載の立体画像表示システム。

【請求項 3】

前記光学部品は、凸レンズ、凹レンズ、凸面鏡及び凹面鏡からなるグループから選ばれる 1 以上である、請求項 2 に記載の立体画像表示システム。

【請求項 4】

前記光学部品は、ホログラフィック光学素子である、請求項 2 に記載の立体画像表示システム。

【請求項 5】

複数の前記遠焦点化装置は互いに直列に光結合される、請求項 1 に記載の立体画像表示システム。

【請求項 6】

各前記遠焦点化部は、前記光路分岐回路で分離された各部分光のそれぞれに割り当てられる光学部品を有しており、

前記遠焦点化部のそれぞれから 1 つずつ選ばれた光学部品を組み合わせたものの焦点距離は互いに異なる、請求項 5 に記載の立体画像表示システム。

【請求項 7】

前記遠焦点化装置から出力された立体画像光を、観察者の方向に反射して、複数のオブジェクトが合成された立体画像を生成する少なくとも 1 個の反射部材とを備える、請求項 1 に記載の立体画像表示システム。

【請求項 8】

前記反射部材は、前記光路選択回路からの光の一部を所定方向に向けて反射するとともに、自身の背後からの光を同方向に向けて透過する、請求項 7 に記載の立体画像表示システム。

【請求項 9】

前記反射部材は、ハーフミラー、全反射ミラー及びホログラフィック光学素子のいずれかである、請求項 7 に記載の立体画像表示システム。

【請求項 1 0】

前記 DMD は複数のマイクロミラーを有しており、所定部分のマイクロミラーの傾きを変更することにより、各前記表示部から発せられた光の一部を選択する、請求項 1 に記載の立体画像表示システム。

【請求項 1 1】

前記所定部分のマイクロミラーとは、立体画像においてオブジェクトが無い部分を担当するものである、請求項 1 0 に記載の立体画像表示システム。

【請求項 1 2】

前記所定部分のマイクロミラーとは、立体画像において、複数のオブジェクトが重なり合う部分において遠距離側を担当するものである、請求項 1 0 に記載の立体画像表示システム。

【請求項 1 3】

前記反射部材は、前記光路選択回路からの光の一部を観察者に向けて反射するとともに、自身の背後からの光を観察者に向けて透過し、

前記所定部分のマイクロミラーとは、立体映像において、前記反射部材の背後に存在する物体と、少なくとも 1 個のオブジェクトとが重なり合う部分において、物体よりも遠距離側を担当するものである、請求項 1 0 に記載の立体画像表示システム。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 立体画像表示システム

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、立体画像表示システムに関し、より特定的には、奥行き感（立体感）を持つ画像を表示する立体画像表示システムに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

図 1 8 は、パララックスバリア方式を採用した一般的な立体画像表示システムの全体構成を示す模式図である。図 1 8 において、立体画像表示システムは大略的に、画像生成装置 2 0 1 と、画像表示装置 2 0 2 とを備える。画像生成装置 2 0 1 は、データ蓄積部 2 0 3 と、左右画像生成部 2 0 4 と、画像合成部 2 0 5 とを含む。また、画像表示装置 2 0 2 は、表示画面 2 0 6 と、格子状のスリット（アパーチャ）を有するパララックスバリア板 2 0 7 とを含む。

【0 0 0 3】

データ蓄積部 2 0 3 は、表示対象となるオブジェクト A の形状を示すデータを格納する。

【0 0 0 4】

左右画像生成部 2 0 4 は、予め定められた観察位置から、オブジェクト A を観察者 V の左右それぞれの眼で見た時の視差を算出する。左右画像生成部 2 0 4 は、算出した視差に基づいて、オブジェクト A について、左眼用の画像 I L 及び右眼用の画像 I R とを生成する。

【0 0 0 5】

画像合成部 2 0 4 は、左右画像生成部 2 0 4 で生成された 2 つの画像 I L 及び I R のそれぞれを微細な短冊状に分割する。これによって、画像合成部 2 0 4 は、左眼用の部分画像 P I L をいくつか生成し、右眼用の部分画像 P I R をいくつか生成する。なお、図 1 8 には代表的に、左眼用について 1 つの部分画像から線を引き出して、「P I L」という参照符号を付けている。同様に、右眼用についても、1 つの部分画像に「P I R」という参照符号を与えている。画像合成部 2 0 4 はさらに、全ての部分画像 P I L 及び P I R から、部分画像 P I L 又は P I R を 1 つずつ交互に選択してつなぎ合わせる。これによって、画像合成部 2 0 4 は、合成画像 S I を生成し、画像表示装置 2 0 2 に出力する。

【0 0 0 6】

画像表示装置 2 0 2 は、内部の表示画面 2 0 6 に、入力された合成画像 S I を表示する。

【0 0 0 7】

観察者 V は、前述の観察位置から、パララックスバリア板 2 0 7 を介して、表示画面 2 0 6 に表示された合成画像 S I を両眼で観察する。この時、観察者 V の左眼には、合成画像 S I において、部分画像 P I L は届くが、部分画像 P I R は、パララックスバリア板 2 0 7 によって遮断されるため、観察者 V の左眼には届かない。逆に、観察者 V の右眼には、部分画像 P I R のみが届き、部分画像 P I L は届かない。これによって、両眼視差が発生し、観察者 V は、オブジェクト A を立体的に、つまり立体像を視認する。

【0 0 0 8】

ところで、実空間において、人間の眼の焦点及び輻輳角の調節は連動している。しかしながら、上述の立体画像表示システムで提供される立体像は、固定的に設置された表示画面 2 0 6 に表示されるので、眼の焦点調節は、観察位置から表示画面 2 0 6 までの距離を変えることで行われる。それに対して、両眼の輻輳角は、観察者 V から立体像までの仮想的な距離（奥行き）に基づいて調節される。したがって、立体像を観察者 V が目視する場合、観察者 V が調節した焦点距離と、輻輳角を調節するための仮想的な距離とは対応しない。つまり、本来連動すべき焦点調節と輻輳角とにずれが生じるため、観察者 V は、立体像を目視した時、違和感を覚えたり、それを長時間目視する場合には疲労を感じたりする。

という問題があった。

【0009】

以上の問題を解決するために、ハーフミラー重畳方式を採用した立体画像表示システム（以下、従来の立体画像表示システムと称する）が提案されている（例えば特許文献1を参照）。ここで、図19は、従来の立体画像表示システムの全体構成を示す模式図である。図19において、立体画像表示システムは、画像生成装置210と、画像表示装置211と、光学系212とを備えている。

【0010】

画像生成装置210は、データ蓄積部222と、画像分割部223と、左右画像生成部224と、画像合成部225とを含む。

【0011】

データ蓄積部222は、表示対象となる複数のオブジェクト（図示は、オブジェクトP、Q及びR）の形状を示すデータを格納する。

【0012】

画像分割部223は、データ蓄積部222内のデータを、観察者Vから起算して互いに異なる距離の範囲に含まれるオブジェクト毎のデータに分割する。

【0013】

なお、説明の便宜上、本説明では、オブジェクトPが、観察者Vから最も遠い距離の範囲（以下、長距離レンジと称する）に属し、オブジェクトRは、観察者Vから最も近い距離の範囲（以下、近距離レンジと称する）に属し、オブジェクトQは、長距離レンジ及び近距離レンジの中間に属する距離の範囲（以下、中距離レンジと称する）に属すると仮定する。このような仮定下では、オブジェクトPの形状を示す部分データと、オブジェクトQの形状を示す部分データと、オブジェクトRの形状を示す部分データとが生成される。

【0014】

左右画像生成部224は、画像分割部223で分割されたオブジェクトを表す各画像を、予め定められた観察位置から観察者の左右それぞれの眼で見た時の視差を算出する。左右画像生成部224は、算出した視差に基づいて、各オブジェクトについて左眼用の画像I_Lと、右眼用の画像I_Rとを生成する。

【0015】

上述の仮定下では、左右画像生成部224では、オブジェクトPについて、左眼用の画像I_{Lp}及び右眼用の画像I_{Rp}が生成され、オブジェクトQについて、左眼用の画像I_{Lq}及び右眼用の画像I_{Rq}が生成され、さらに、オブジェクトRについて、左眼用の画像I_{Lr}及び右眼用の画像I_{Rr}が生成される。

【0016】

画像合成部225は、左右画像生成部224で生成された2枚1対の画像I_L及びI_Rのそれぞれを微細な短冊状に分割して、左眼用の部分画像P_{I_L}をいくつか生成し、右眼用の部分画像P_{I_R}をいくつか生成する。画像合成部225はさらに、1セットの部分画像P_{I_L}及びP_{I_R}から、部分画像P_{I_L}又はP_{I_R}を1つずつ交互に選択してつなぎ合わせる。これによって、画像合成部225は、オブジェクト毎に合成画像S_Iを生成し、表示装置211に出力する。

【0017】

上述の仮定下では、オブジェクトPについて、左眼用の画像I_{Lp}及び右眼用の画像I_{Rp}から、左眼用の部分画像P_{I_{Lp}}及び右眼用の部分画像P_{I_{Rp}}が生成され、その後、合成画像S_{I_p}が生成される。同様に、オブジェクトQ及びRについても、合成画像S_{I_q}及びS_{I_r}が生成される。

【0018】

表示装置211は、各距離範囲に割り当てられる表示部227及びパララックスバリア板228の組みを含む。各表示部227は、画像合成部225で生成される合成画像S_Iのうち、自身が割り当てられた距離範囲用のものを受け取り、受け取ったものを表示する。各表示部227は、合成画像S_Iを表す光を、同じ組のパララックスバリア板228に

向けて発する。各パララックスバリア板 2 2 8 は、格子状のスリットを有しており、前置された表示部 2 2 7 から発せられた光を通過させる。

【0 0 1 9】

なお、上述の仮定下では、表示装置 2 1 1 は、遠距離用として表示部 2 2 7 L 及びパララックスバリア板 2 2 8 L の組と、中距離用として表示部 2 2 7 I 及びパララックスバリア板 2 2 8 I の組と、近距離用として表示部 2 2 7 S 及びパララックスバリア板 2 2 8 S の組とを含む。

【0 0 2 0】

光学系 2 1 2 は、上述の距離範囲毎に割り当てられた複数のミラー 2 3 0 を含む。各ミラー 2 3 0 のうち、観察者 V からみて最も遠くに配置されるものは全反射ミラーでよく、その他のミラー 2 3 0 はハーフミラーである。また、各ミラー 2 3 0 には、前置されたパララックスバリア板 2 2 8 を通過した光が入射されると、入射光を反射させる。ここで、各ミラー 2 3 0 の反射方向は、観察者 V の視線と概ね一致するように予め配置される。また、上述のように、観察者 V からみて最も遠くに配置されるミラー 2 3 0 以外はハーフミラーであるため、各ミラー 2 3 0 で反射された光束は合成される。

【0 0 2 1】

上述の仮定下では、遠距離用の全反射ミラー 2 3 0 L と、中距離用及び近距離用の 2 個のハーフミラー 2 3 0 I 及び 2 3 0 S が配置される。全反射ミラー 2 3 0 L は、パララックスバリア板 2 2 8 L を通過した光を、中距離用のハーフミラー 2 3 0 I に向けて反射する。また、ハーフミラー 2 3 0 I は、全反射ミラー 2 3 0 L により反射された光を概ね半分だけ透過するとともに、パララックスバリア板 2 2 8 I を通過した光の一部を反射する。これによって、双方の光は合成される。また、近距離用のハーフミラー 2 3 0 S は、ハーフミラー 2 3 0 I で合成された光を概ね半分だけ透過し、パララックスバリア板 2 2 8 I を通過した光を概ね半分だけ反射する。

【0 0 2 2】

これによって、観察者 V は、予め定められた観察位置から光学系 2 1 2 を両眼で観察すると、観察者 V の左眼には、各部分画像 P I L のみが届き、その右眼には各部分画像 P I R のみが届く。さらに、観察者 V は、各ミラー 2 3 0 の位置を仮想スクリーンとして、各オブジェクトを視認することになるので、実際の奥行き感を保ちながら、両眼視差により立体像を認識することが可能となる。その結果、パララックスバリア方式を採用した立体画像表示システムに比べて、従来の立体画像表示システムは、観察者 V の両眼で焦点が調節された距離と、両眼の輻輳角のずれは小さくなるので、観察者の違和感及び／又は疲労を減少させることができる。

【特許文献 1】特開平 1 0 - 3 3 3 0 9 3 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 2 3】

しかしながら、従来の立体画像表示システムでは、直列に配置されたハーフミラー 2 3 0 I 及び 2 3 0 S を使って、画像を表す光束を合成するため、観察者 V から遠くで反射されるほど、画像の光量が落ちてしまい、観察者 V には見えにくくなるという問題点がある。具体的には、図 2 0 に示すように、ハーフミラー 2 3 0 I 及び 2 3 0 S の特性は、入射光量に対する反射光量及び透過光量に比率は概ね半分になる。したがって、従来の立体画像表示システムのように、2 枚のハーフミラー 2 3 0 I 及び 2 3 0 S を透過する全反射ミラー 2 3 0 L で反射された光は、ハーフミラー 2 3 0 S を透過した後、元々の 2 の 2 乗分の 1（つまり 2 5 %）に減衰される。つまり、n 枚のハーフミラー 2 3 0 を通した光（画像）は、2 の n 乗分の 1 に減衰してしまう。以上のことから、ハーフミラー 2 3 0 の設置数を多くし、多くの距離感を持つ仮想スクリーンを設置すれば、滑らかな距離感を持つ画像を観察者 V に提供することが可能になるが、上述のようにハーフミラー 2 3 0 の設置数に応じて光量も減少するので、従来の立体画像表示システムにハーフミラーを多く設置することは適切ではない。

【0 0 2 4】

また、従来の立体画像表示システムにハーフミラーを多く設置しつつ、光量減少に対処するために、各表示部 2 2 7 から発せられる光量を大きくすることも可能である。しかし、各表示部 2 2 7 が大きくなったり、表示部 2 2 7 の発熱を抑えるための冷却装置が必要になったりする。その結果、消費電力の増加し、システム自体の肥大化し、又はシステムの製造又は維持コストが増大してしまう。

【0 0 2 5】

また、従来の立体画像表示システムには、パララックスバリア方式を採用することから観察者 V の観測位置が限られたり、パララックスバリア板 2 2 8 の存在そのもののため画像を観察しづらかったりするという他の問題もある。

【0 0 2 6】

それ故に、本発明の目的は、観察者がより見やすい立体画像を提供することができる立体画像表示システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0 0 2 7】

上記目的を達成するために、本発明の一局面は、立体画像表示システムであって、複数のオブジェクトのそれぞれを表すデータを、立体画像の奥行き方向に沿う距離の範囲毎に分類して順次的に出力する画像生成装置と、画像生成装置から出力された各データに対して順次的に表示処理を行って、各オブジェクトを表す光が時間軸上で多重された光を発する表示装置と、表示装置から出射された多重光に含まれる各オブジェクトに立体感又は距離感を与えて、これらオブジェクトを立体的に視認可能な立体画像光を生成する 1 又は複数の遠焦点化装置とを備える。ここで、遠焦点化装置は、内部に含む少なくとも 1 個の DMD (Digital Micro-mirror Device) が有するマイクロミラーの傾きを予め定められた時間毎に変更することで、表示装置の出射光から、複数のオブジェクトのいずれかを含む複数の部分光を分離する光路分岐回路と、光路分岐回路により分離された複数の部分光のそれぞれが表すオブジェクトに、互いに異なる立体感又は距離感を与える遠焦点化部と、内部に含む少なくとも 1 個の DMD が有するマイクロミラーの傾きを、予め定められた時間と実質的に同じ時間毎に変更することで、遠焦点化部から発せられた複数の部分光を、予め定められた時間毎に順番に選択し、選択した光を順次的に出力して多重光を生成する光路選択回路とを含む。

【0 0 2 8】

遠焦点化部は典型的には、光路分岐回路で分離された各部分光のそれぞれに割り当てられ、かつ互いに異なる焦点距離を持つ光学部品を有する。

【0 0 2 9】

光学部品は例示的には、凸レンズ、凹レンズ、凸面鏡及び凹面鏡からなるグループから選ばれる 1 以上である。また、光学部品は例示的には、ホログラフィック光学素子である。

【0 0 3 0】

また、好ましくは、立体画像表示システムにおいて、複数の遠焦点化装置が互いに直列に光結合される。

【0 0 3 1】

また、具体的には、各遠焦点化部は、光路分岐回路で分離された各部分光のそれぞれに割り当てられる光学部品を有する。ここで、遠焦点化部のそれぞれから 1 つずつ選ばれた光学部品を組み合わせたものの焦点距離は互いに異なる。

【0 0 3 2】

また、好ましくは、立体画像表示システムはさらに、遠焦点化装置から出力された立体画像光を、観察者の方向に反射して、複数のオブジェクトが合成された立体画像を生成する少なくとも 1 個の反射部材とを備える。

【0 0 3 3】

また、好ましくは、反射部材は、光路選択回路からの光の一部を所定方向に向けて反射

するとともに、自身の背後からの光を同方向に向けて透過する。ここで、反射部材は例示的には、ハーフミラー、全反射ミラー及びホログラフィック光学素子のいずれかである。

【0034】

DMDは一般的には、複数のマイクロミラーを有する。ここで、好ましくは、所定部分のマイクロミラーの傾きを変更することにより、DMDは、各表示部から発せられた光の一部を選択する。ここで、所定部分のマイクロミラーとは例示的には、立体画像においてオブジェクトが無い部分を担当するものである。他の例示として、所定部分のマイクロミラーとは、立体画像において、複数のオブジェクトが重なり合う部分において遠距離側を担当するものである。

【0035】

また、反射部材は、光路選択回路からの光の一部を観察者に向けて反射するとともに、自身の背後からの光を観察者に向けて透過する。この場合において、所定部分のマイクロミラーとは、立体映像において、反射部材の背後に存在する物体と、少なくとも1個のオブジェクトとが重なり合う部分において、物体よりも遠距離側を担当するものである。

【発明の効果】

【0036】

以上の局面によれば、表示装置は、画像生成装置から出力された各データに対して順次的に表示処理を行って、各オブジェクトを表す光が時間軸上で多重された光を発する。このような光に含まれる各オブジェクトに、遠焦点化装置は、立体感又は距離感を与えて、これらオブジェクトを立体的に視認可能な立体画像光を生成する。反射部材は、このような多重光を、観察者の方向に反射して、オブジェクトが合成された立体画像を提供する。したがって、観察者は、現在表示されているオブジェクトを視認すると共に、網膜に残る他のオブジェクトの残像も認識する。これらオブジェクトは、奥行き方向に異なる位置に表示される。これによって、観察者に各オブジェクトが立体的に合成された立体画像を提供することが可能となる。

【0037】

また、本立体画像表示システムは、DMDを用いているので、光損失が少なくなり、さらには、パララックスバリア板のような光路を遮断する部材を用いなくて済む。これによって、観察者がより見やすい立体画像を提供することができる立体画像表示システムを実現することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0038】

(実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る立体画像表示システム1の全体構成を示す模式図である。図1において、立体画像表示システム1は、画像生成装置2と、表示装置3と、遠焦点化装置4と、レンズ5と、反射部材6とを備えている。また、説明の便宜のため、図1には、互いに直行する縦中心面 P_v （一点鎖線を参照）と、横中心面 P_h （二点鎖線を参照）とが示されている。なお、縦中心面 P_v 及び横中心面 P_h は、図面が複雑にならないように、立体画像表示システム1の内部を貫かないように示されている。

【0039】

画像生成装置2は、観察者Vに提供する立体画像の基礎となるデータを生成するために、データ蓄積部8と、画像分類部9とを含んでいる。

【0040】

データ蓄積部8は、表示対象となる複数のオブジェクトの形状を示すデータと、オブジェクト毎に予め定められている奥行き値（観察者Vからの距離）とを格納する。

【0041】

画像分類部9は、データ蓄積部8内のデータを、観察者Vから起算して互いに異なる距離の範囲に属するオブジェクト毎の部分データに分類する。その後、画像分類部9は好ましくは、分類した部分データを、距離範囲の近いオブジェクトを表すものから順番に、予め定められた時間 t 毎に送出する。ここで、時間 t は、観察者Vの網膜に残像を残すため

に、極めて短い時間に選ばれる。なお、分類した部分データの送出順は、上述のものに限らず、他の順番でも構わない。

【0042】

本立体画像表示システム 1 において、距離範囲の数は、任意に選ぶことができるが、本実施形態では好ましい例として 2^n 個 (n は正の整数) として説明する。また、本実施形態では、例示的に $n = 2$ の場合について説明する。この例示の下では、距離範囲の数は 4 となる。以降、観察者 V から最も近い距離の範囲を近距離レンジと称し、最も遠い距離の範囲を遠距離レンジと称する。また、近距離レンジ及び遠距離レンジの間で、近距離レンジ寄りの距離の範囲を第 1 の中間距離レンジと称し、遠距離レンジ寄りのものを第 2 の中間距離レンジと称する。このような例示の下では、画像分類部 9 は、近距離レンジに属するオブジェクト A を表す部分データ D a と、第 1 の中間距離レンジに属するオブジェクト B を表す部分データ D b と、第 2 の中間距離レンジに属するオブジェクト C を表す部分データ D c と、遠距離レンジに属するオブジェクト D を表す部分データ D d に分類して、ある基準時刻 t_0 に部分データ D a を、時間 ($t_0 + t$) に部分データ D b を、時間 ($t_0 + 2 \times t$) に部分データ D c を、さらに、時間 ($t_0 + 3 \times t$) に部分データ D d を送出する。

【0043】

表示装置 3 は、画像生成装置 2 により送出された順番で各部分データを処理して、それぞれが表すオブジェクトを自身の表示画面上に表示する。なお、表示画面の中心に対する法線が縦中心面 P_v に含まれるように、表示装置 3 は、画像生成装置 2 の後段に配置される。以上のような処理により、表示装置 3 は、概ね時間 t 毎に、画像分類部 9 で分類された各オブジェクトを表す光 L を順次的に発する。

【0044】

上述の例示の下では、表示装置 3 は、概ね基準時間 t_0 にオブジェクト A を表す光 L a を、概ね時間 ($t_0 + t$) にオブジェクト B を表す光 L b を、概ね時間 ($t_0 + 2 \times t$) にオブジェクト C を表す光 L c を、さらに、概ね時間 ($t_0 + 3 \times t$) にオブジェクト D を表す光 L d を発する。

【0045】

遠焦点化装置 4 は、表示装置 3 の出射光 L に含まれる各オブジェクトに立体感 (遠近感) を与えて、これらオブジェクトを立体的に視認可能な立体画像光 L_t を生成する。このような処理のために、遠焦点化装置 4 は、光路分岐回路 10 と、遠焦点化部 11 と、光路選択回路 12 とを含む。

【0046】

光路分岐回路 10 は、表示装置 3 の出射光 L を、オブジェクト毎の部分光に分岐する。この光分岐のために、光路分岐回路 10 は、 $(2^n - 1)$ 個の DMD (Digital Micro-mirror Device, デジタルマイクロミラーデバイス) 13 と、所定個数の反射部材 14 とを含む。

【0047】

ここで、図 2 A - 図 2 C は、図 1 に示す DMD 13 の詳細な動作を示す模式図であり、また、図 2 D 及び図 2 E は、DMD 13 による光の反射を示す模式図である。

【0048】

図 2 A - 図 2 C において、DMD 13 は、複数のフラットな鏡面を持つマイクロミラー 22 を有している。DMD 13 が初期状態の時、図 2 A に示すように、全てのマイクロミラー 22 は、傾斜せずに、実質的に同一平面 (以下、基準面と称する) PR 内に含まれる。また、外部から DMD 13 にある第 1 の駆動電圧が与えられると、全てのマイクロミラー 22 は、図 2 B に示すように、上記基準面 PR に対して、反時計回りに所定角度 θ (例えば $+10^\circ$) だけ傾く。また、第 2 の駆動電圧が与えられると、全てのマイクロミラー 22 は、図 2 C に示すように、上記基準面 PR に対して時計回りに所定角度 $-\theta$ (例えば -10°) だけ傾く。なお、DMD 13 は、他の角度 (例えば、 $+12^\circ$ 及び -12° の組み合わせ) にも傾くマイクロミラー 22 を有するものもある。

【0049】

したがって、図2Bに示す状態で、基準面PRに対する法線Lvの方向から光が各マイクロミラー22に入射されると、つまり、図2Dに示す矢印INから光が入射されると、各マイクロミラー22は、法線Lvに対して左 20° ($2 \times \theta^\circ$)の方向(矢印OUT1で示す方向)に、入射光を反射する。逆に、図2Cに示す状態であれば、同方向からの入射光を、各マイクロミラー22は、法線Lvに対して右 20° ($2 \times (-\theta)^\circ$)の方向(矢印OUT2で示す方向)に反射する。

【0050】

また、図2Bに示す状態で、法線Lvに対して左 20° (つまり、 $2 \times \theta$)の方向から光が各マイクロミラー22に入射されると、つまり、図2Eに示す矢印IN1の方向から光が入射されると、各マイクロミラー22は、法線Lvの方向、つまり図2Eに示す矢印OUTの方向に入射光を反射する。逆に、図2Cに示す状態の場合、法線Lvに対して右 20° (つまり、 $2 \times (-\theta)^\circ$)の方向(図2Eの矢印IN2を参照)からの入射光を、各マイクロミラー22は、法線Lv(矢印OUTを参照)の方向へ反射する。

【0051】

なお、以降の説明では、全マイクロミラー22を $+10^\circ$ 傾けること(つまり、図2Bに示す状態)を、「ONする」と記載し、全マイクロミラー22を -10° 傾けること(つまり、図2Cに示す状態)を、「OFFする」と記載する。

【0052】

再度図1を参照する。上述のように、光路分岐回路10には、($2^n - 1$)個のDMD13が備わる。また、本実施形態ではnは2であるから、光路分岐回路10は、画像表示装置3の出射光Lを、オブジェクトAを表す部分光Laと、オブジェクトBを表す部分光Lbと、オブジェクトCを表す部分光Lc及びオブジェクトDを表す部分光Ldの4つに分岐することになり、DMD13として、3個のDMD13a、13b及び13cが少なくとも必要となる。

【0053】

DMD13aは、自身の法線Lvが出射光Lの軸と一致する位置に配置される。この位置で、DMD13aは、後述のようなマイクロミラー22の制御により、表示装置3からの出射光Lを、上述のような2方向に反射して(図2Dを参照)、オブジェクトA及びCを表す中間光Libと、オブジェクトB及びDを表す中間光Licに分岐する。

【0054】

また、DMD13bは、自身の法線Lvが、DMD13aの法線Lvに対して左 20° の方向に一致する位置に配置される。このような配置により、DMD13bには、上述の中間光Libが入射され、DMD13bは、後述のようなマイクロミラー22の制御により、入射中間光Libを2方向に反射して、オブジェクトAを表す部分光Laと、オブジェクトCを表す部分光Lcとに2分岐する。これら反射光のうち、部分光La及びLcの一方は縦中心面Pvに平行であるが、他方は、縦中心面Pvに対して($4 \times \theta$) $^\circ$ で交わる。なお、図1には、部分光Lcが縦中心面Pvに平行な場合が示されている。

【0055】

DMD13cは、縦中心面Pvを基準として、DMD13bと対称な位置に配置される。このような配置により、DMD13cには、上述の中間光Licが入射される。DMD13cは、入射中間光Licを2方向に反射して、オブジェクトBを表す部分光Lbと、オブジェクトDを表す部分光Ldとに分岐する。これら反射光のうち、部分光Lb及びLdの一方は縦中心面Pvに平行であるが、他方は、縦中心面Pvに対して($4 \times \theta$) $^\circ$ で交わる。なお、図1には、部分光Lcが縦中心面Pvに平行な場合が示されている。

【0056】

また、各反射部材14は、自身への入射光を、縦中心面Pvに平行な方向に反射する部材であって、好ましくは、全反射ミラーである。本実施形態では、上述のように、部分光La及びLdは縦中心面Pvに平行でないので、2個の反射部材14a及び14bが備わ

る。

【0057】

反射部材 14 a は、DMD 13 b で生成された部分光 L a を反射して、縦中心面 P v に平行にする。

【0058】

反射部材 14 b は、縦中心面 P v を基準として、反射部材 14 a と対称な位置に配置され、DMD 13 c で生成された部分光 L d を反射して、縦中心面 P v に平行な方向にする。

【0059】

以上のような構成により、光路分岐回路 10 は、表示装置 3 により発せられた光 L を、それぞれが縦中心面 P v に平行な 4 つの部分光 L a - L d に分岐し出射する。

【0060】

遠焦点化部 11 は、光路分岐回路 10 から出射された部分光 L a - L d が表すオブジェクトの虚像の位置を調整する。このような処理のために、遠焦点化部 11 は、互いに焦点距離の異なる凸レンズ 15 を、 2^n 個又は $(2^n - 1)$ 個含む。本実施形態では、例示的に、 2^n 個の凸レンズ 15 が備わる場合について説明する。各凸レンズ 15 は、互いに重複しない部分光に割り当てられており、自身の光軸が、対象となる部分光の軸に一致する位置に配置される。また、各凸レンズ 15 は、横中心面 P h に沿うように配列される。また、複数の凸レンズ 15 において焦点距離が短いものほど、観察者 V から遠い距離範囲に表示されるオブジェクトを表す光に割り当てられる。以上のような凸レンズ 15 はそれぞれ、光路分岐回路 10 から出射された部分光を屈折する。

【0061】

ここで、本実施形態では、 $n = 2$ の場合について説明しているので、4 個の凸レンズ 15 a、15 b、15 c 及び 15 d が備わる。凸レンズ 15 a は、焦点距離が最も長いものであり、光路分岐回路 10 の出射部分光 L a を屈折する。また、凸レンズ 15 b は、2 番目に焦点距離が長いものであり、光路分岐回路 10 の出射部分光 L b を屈折する。また、凸レンズ 15 c は、3 番目に焦点距離が長いものであり、光路分岐回路 10 の出射部分光 L c を屈折する。また、凸レンズ 15 d は、最も焦点距離が短いものであり、光路分岐回路 10 の出射部分光 L d を屈折する。

【0062】

なお、上述のように、凸レンズ 15 の総数は $(2^n - 1)$ 個でもよい。例えば、3 個の場合には、距離範囲が最も観察者 V に近いオブジェクト A を表す部分光 L a には凸レンズ 15 は割り当てられない。

【0063】

光路選択回路 12 は、遠焦点化部 11 により処理された全ての部分光を受け取り、距離範囲が近いものから、距離範囲が遠いものへと順番に、極めて短い一定の時間毎に光を 1 つずつ選択する。光路選択回路 4 はこのような選択処理を繰り返す。また、光路選択回路 4 は、以上のようにして選択した光をレンズ 5 に向けて順次出射する。このように出射された光は、それぞれの虚像の位置が互いに異なるオブジェクトを表す立体画像光 L t である。

【0064】

上述のような処理のために、光路選択回路 12 は、所定個数の反射部材 16 と、 $(2^n - 1)$ 個の DMD 17 とを含む。各反射部材 16 及び各 DMD 17 は、各反射部材 14 及び各 DMD 13 と同様の形状を有しており、横中心面 P h を基準として、各反射部材 14 及び各 DMD 13 と対称な位置に配置される。

【0065】

凸レンズ 5 は、DMD 13 及び 17 の大きさ（具体的には、対角線の長さ）が数インチと小さいことから、適度な大きさの立体画像を観察者 V が観察できるように、遠焦点化装置 4 から出射された立体画像光 L t を屈折させ、これによって、遠焦点化装置 4 の出射光 L t が表す各画像を拡大する。

【0066】

反射部材 6 は、典型的には全反射ミラー又はハーフミラーであり、凸レンズ 5 により屈折された光を観察者 V の方向に反射させる。ここで、反射部材 6 がハーフミラーの場合、反射部材 6 の背後の光が観察者 V の方向に透過するため、観察者 V は、反射部材 6 の背後の情景に、反射部材 6 の反射光 L t が表す立体画像が重畳された像を視認することができる。

【0067】

次に以上のような構成の立体画像表示システム 1 の具体的な動作例について説明する。今説明の便宜上、データ蓄積部 8 内のデータは、図 3 に示すような複数のオブジェクト（三角形）A、オブジェクト（長方形）B、オブジェクト（正方形）C 及びオブジェクト（丸）D を表すと仮定する。さらに、オブジェクト D には遠距離レンジに属する奥行き値が、オブジェクト C には第 2 の中間距離レンジに属する奥行き値が、オブジェクト B には第 1 の中間距離レンジに属する奥行き値が、さらに、オブジェクト A には近距離レンジに属する奥行き値が割り当てられていると仮定する。

【0068】

画像分類部 9 は、前述からも明らかなように、データ蓄積部 8 内のデータから、部分データ D a、D b、D c 及び D d を作成し、その後、部分データ D a、D b、D c 及び D d を、前述の順番通りに表示装置 3 に送る。

【0069】

表示装置 3 は、前述からも明らかな通り、部分データ D a、D b、D c 及び D d のそれぞれを受け取る度に、それぞれが表すオブジェクト A、B、C 及び D を自身の表示画面に表示する。これによって生成された光 L は、光路分岐回路 10 の DMD 13 a に向けて出射される。

【0070】

光路分岐回路 10 において、DMD 13 a、13 b 及び 13 c は、図示しない制御部からの駆動電圧に従って、それぞれのマイクロミラー 22 の傾きを変更する。図 4 は、各 DMD 13 a - 13 c におけるマイクロミラー 22 の傾きを時間軸上で示すタイミングチャートである。図 4 において、「ON」とは、対象となる DMD 13 の全マイクロミラー 22 を ON することを意味し、「OFF」とは、その DMD 13 の全マイクロミラー 22 を OFF することを意味する。また、「DC」とは、「Don't Care」、つまり、「ON」でも「OFF」でもどちらでもいいことを意味する。

【0071】

まず、最初の時間区間 t 1 において、光路分岐回路 10 に入射される多重光 L は、オブジェクト A を表している。このような多重光 L から、光路分岐回路 10 は、時間区間 t 1 に入射されるもののみを抜き出して、部分光 L a を生成し、遠焦点化部 11 の凸レンズ 15 a に出射する。具体的には、この間、DMD 13 a は、自身が備える全マイクロミラー 22 を ON にして、入射多重光 L を DMD 13 b の方向へと反射し、これによって、中間光 L i b を生成する。また、この間、DMD 13 b もまた、自身が備える全マイクロミラー 22 を ON にして、DMD 13 a で生成された中間光 L i b を、反射部材 14 a の方向に反射し、これによって、部分光 L a を生成する。反射部材 14 a は、DMD 13 b で生成された部分光 L a を反射して、部分光 L a を凸レンズ 15 a に与える。なお、この間、DMD 13 c は DC に設定される。

【0072】

また、次の時間区間 t 2 において、光路分岐回路 10 に入射される多重光 L は、オブジェクト B を表している。このような多重光 L から、光路分岐回路 10 は、時間区間 t 2 に入射されるものを抜き出して、部分光 L b を生成して、遠焦点化部 11 の凸レンズ 15 b に出射する。具体的には、この間、DMD 13 a は、自身の全マイクロミラー 22 を OFF にして、入射多重光 L を DMD 13 c の方向へと反射し、これによって、中間光 L i c を生成する。また、この間、DMD 13 c は、自身の全マイクロミラー 22 を ON にして、DMD 13 a で生成された中間光 L i c を反射することにより、部分光 L b を抜き出し

、遠焦点化部 11 の凸レンズ 15 b に与える。なお、この間、DMD 13 b は DC に設定される。

【0073】

また、次の時間区間 t_3 において、光路分岐回路 10 に入射される多重光 L は、オブジェクト C を表している。このような多重光 L から、光路分岐回路 10 は、時間区間 t_3 に入射されるものを抜き出して、部分光 L_c を生成して、遠焦点化部 11 の凸レンズ 15 c に出射する。具体的には、この間、DMD 13 a は、時間区間 t_1 の場合と同様にして、中間光 L_{ib} を生成する。また、この間、DMD 13 b は、自身の全マイクロミラー 22 を OFF にして、入射される中間光 L_{ib} を反射することにより、部分光 L_c を抜き出して、凸レンズ 15 c に与える。なお、この間、DMD 13 c は DC に設定される。

【0074】

また、次の時間区間 t_4 において、光路分岐回路 10 に入射される多重光 L は、オブジェクト D を表している。このような多重光 L から、光路分岐回路 10 は、時間区間 t_4 に入射されるものを抜き出して、部分光 L_d を生成して、遠焦点化部 11 の凸レンズ 15 d に出射する。具体的には、この間、DMD 13 a は、時間区間 t_2 の場合と同様にして、中間光 L_{ic} を生成する。また、この間、DMD 13 c は、自身の全マイクロミラー 22 を OFF にして、入射される中間光 L_{ic} を反射することにより、部分光 L_d を抜き出し、凸レンズ 15 d に与える。なお、この間、DMD 13 b は DC に設定される。

【0075】

以上のような時間区間 t_1 、 t_2 、 t_3 及び t_4 は互いに実質的に同じ時間 t であり、極めて短い時間である。これら時間区間 t_1 から t_4 までを単位周期として、光路分岐回路 10 は、上述のような処理を周期的に繰り返す。

【0076】

また、遠焦点化部 11 において、凸レンズ 15 a は、時間区間 t_1 に入射される部分光 L_a を屈折する。このような屈折により、部分光 L_a が表すオブジェクト A の虚像の位置が近距離レンジに設定される。また、このような部分光 L_a は、光路選択回路 12 の反射部材 16 a に入射される。

【0077】

また、凸レンズ 15 b は、時間区間 t_2 に入射される部分光 L_b を屈折する。これによって、部分光 L_b が表すオブジェクト B の虚像の位置が第 1 の中間距離レンジに設定される。このような部分光 L_b は、光路選択回路 12 の DMD 17 c に入射される。

【0078】

また、凸レンズ 15 c は、時間区間 t_3 に入射される部分光 L_c を屈折する。これによって、部分光 L_c が表すオブジェクト C の虚像の位置が第 2 の中間距離レンジに設定される。このような部分光 L_c は、光路選択回路 12 の DMD 17 b に入射される。

【0079】

また、凸レンズ 15 d は、時間区間 t_4 に入射される部分光 L_d を屈折する。これによって、部分光 L_d が表すオブジェクト D の虚像の位置が遠距離レンジに設定される。このような部分光 L_d は、光路選択回路 12 の反射部材 16 b に入射される。

【0080】

上述から明らかなように、光路選択回路 12 には、部分光 $L_a - L_d$ が互いに異なる光路を通じて順次的に入射される。光路選択回路 12 は、入射部分光 $L_a - L_d$ を時間軸上で多重して、立体画像光 L_t を生成する。このような処理のために、光路選択回路 12 において、DMD 17 a、17 b 及び 17 c は、図示しない制御部からの駆動電圧に従って、それぞれのマイクロミラー 22 の傾きを変更する。図 4 はさらに、各 DMD 17 a - 17 c におけるマイクロミラー 22 の傾きを時間軸上で示している。

【0081】

まず、最初の時間区間 t_1 において、光路選択回路 12 は、入射される部分光 L_a を立体画像光 L_t に多重する。具体的には、この間、反射部材 16 a は、入射される部分光 L_a を反射して、DMD 17 b に与える。この間、DMD 17 b は、自身が備える全マイク

ロミラー 2 2 を OFF にして、入射される部分光 L a を反射して、DMD 1 7 a に与える。この間、DMD 1 7 a は、自身の全マイクロミラー 2 2 を OFF にして、入射される部分光 L a を、レンズ 5 の光軸方向に反射し、これによって、立体画像光 L t に多重する。また、DMD 1 7 c は、この間、光選択に関与しないので、DC の状態である。

【0 0 8 2】

また、次の時間区間 t 2 において、光路選択回路 1 2 は、入射される部分光 L b を立体画像光 L t に多重する。具体的には、この間、DMD 1 7 c は、OFF の状態になり、入射される部分光 L b を反射して、DMD 1 7 a に与える。また、この間、DMD 1 7 a は、ON の状態になり、入射される部分光 L b を、レンズ 5 の光軸方向に反射し、これによって、立体画像光 L t に多重する。なお、DMD 1 7 b は、この間、光選択に関与しないので、DC の状態である。

【0 0 8 3】

また、次の時間区間 t 3 において、光路選択回路 1 2 は、入射される部分光 L c を立体画像光 L t に多重する。具体的には、この間、DMD 1 7 b は、ON の状態になり、入射された部分光 L c を反射して、DMD 1 7 a に与える。また、この間、DMD 1 7 a は、OFF の状態になり、入射される部分光 L c を、レンズ 5 の光軸方向に反射し、これによって、立体画像光 L t に多重する。なお、DMD 1 7 c は、この間、光選択に関与しないので、DC の状態である。

【0 0 8 4】

さらに、次の時間区間 t 4 において、光路選択回路 1 2 は、入射される部分光 L d を立体画像光 L t に多重する。具体的には、この間、まず、反射部材 1 6 b は、入射される部分光 L d を全反射して、DMD 1 7 c に与える。DMD 1 7 c は、この間、ON の状態に設定され、入射される部分光 L d を反射して、DMD 1 7 a に与える。DMD 1 7 a は、この間、ON の状態に設定され、入射される部分光 L d を反射し、これによって、立体画像光 L t に多重する。なお、時間区間 t 4 では、DMD 1 7 b は、光選択に関与しないので、DC の状態に設定される。

【0 0 8 5】

以上の時間区間 t 1 から t 4 までを単位周期として、光路選択回路 1 2 は、上述のような処理を周期的に繰り返す。これによって、光路選択回路 1 2 は、オブジェクト A - D をその順番通りに多重した立体画像光 L t を生成する。このような立体画像光 L t は、レンズ 5 に向けて出射される。

【0 0 8 6】

また、以上のような光路選択回路 1 2 から出射された立体画像光 L t は、レンズ 5 を通過した後、ミラー 6 により観察者 V の方向に反射される。

【0 0 8 7】

ここで、上述から明らかなように、オブジェクト A には、焦点距離が最も長い凸レンズ 1 5 a が割り当てられ、オブジェクト B には、2 番目に焦点距離が長い凸レンズ 1 5 b が割り当てられ、オブジェクト C には、3 番目に焦点距離が長い凸レンズ 1 5 c が割り当てられ、さらに、オブジェクト D には、最も焦点距離が短い凸レンズ 1 5 d が割り当てられる。各凸レンズ 1 5 を以上のように各オブジェクトに割り当てることにより、観察者 V は、図 5 に示すように、立体画像光 L t に含まれるオブジェクト A があたかも自身から最も近い仮想スクリーン S A 上に表示されているように見える。同様に、オブジェクト B が次に近い仮想スクリーン S B 上に、オブジェクト C があたかも 3 番目に近い仮想スクリーン S C 上に虚像として表示されているように、さらに、オブジェクト D があたかも最も遠くの仮想スクリーン S D 上に虚像として表示されているように観察者 V には見える。

【0 0 8 8】

また、このような仮想スクリーン上の画像は、図 6 に示すように、時間区間 t 毎に切り替わる。具体的には、最初の時間区間 t 1 では、オブジェクト A の虚像が観察者 V により視認される。次の時間区間 t 2 では、オブジェクト B の虚像が観察者 V により視認され、オブジェクト A (点線参照) は残像として観察者 V の網膜に残る。次の時間区間 t 3 では

、オブジェクトCの虚像が観察者Vにより視認され、さらに、オブジェクトA及びBの各虚像が残像として残る。また、次の時間区間 t_4 では、オブジェクトDの虚像が観察者Vにより視認され、他のオブジェクトA-Cの各虚像は残像となる。このような時間区間 $t_1 - t_4$ までの画像切り替えが周期的に行われる。

【0089】

このような4回の画像の切り替えにより、図7に示されるような4つのオブジェクトA-Dが立体的に重畳された立体画像が観察者Vに提供される。なお、図7において格子状の点線及び水平線は、奥行き感を表すために単に示されているだけである。

【0090】

ここで、図8は、本立体画像表示システム1の技術的效果を示す図である。より具体的には、図8は、本立体画像表示システム1における各仮想スクリーンSA、SB、SC及びSDにおける光量と、従来のハーフミラー方式を採用した立体画像表示システムにおける各ハーフミラー（仮想スクリーン）230S、230I及び230Ib及び全反射ミラー230L（図19を参照）における光量とを対比した図である。なお、ハーフミラー230Ibは図19に記載されていないが、本技術的效果を説明するために、ハーフミラー230Iと全反射ミラー230Lとの間に設置されると仮定したハーフミラーである。また、観察者Vからみて、仮想スクリーンSAまでの奥行きと、ハーフミラー230Sまでの奥行きは同じであり、仮想スクリーンSBまでの奥行きとハーフミラー230Iまでの奥行きは同じであり、仮想スクリーンSCまでの奥行きとハーフミラー230Ibまでの奥行きは同じであり、さらに、仮想スクリーンSDまでの奥行きとハーフミラー230Lまでの奥行きは同じであると仮定する。さらに、表示装置3の光源としての強さと、全ての表示部227の光源としての強さとは互いに等しいと仮定する。また、従来技術との対比を正確に行うため、ミラー6は全反射ミラーとする。

【0091】

従来の立体画像表示システムにおいて、ハーフミラー230S、230Ia及び230Ibの透過率をいずれも50%と仮定すると、全反射ミラー230Lで反射される表示部227Lからの光、及び表示部227Ibからの光は、ハーフミラー230S、230Ia及び230Ibを通過するので、表示部227Lから発せられた光の約13% ($\div 0.5^3$) しか観察者Vに届かない。また、表示部227Iaからの光については25%、表示部227Sからの光については50%しか観察者Vに届かない。そのため、観察者Vは、表示部227L及び227Ibの画像を特に見づらく感じる。

【0092】

しかしながら、本立体画像表示システム1において、各DMD13及び17の反射率は約75%である。本立体画像表示システム1では、表示装置3から発せられた光は、観察者Vに届くまで4個のDMDで反射されるので、観察者Vには、表示装置3から発せられた光の約32% ($\div 0.75^4$) の光が届く。つまり、本立体画像表示システム1では、仮想スクリーンの位置によらず、表示装置3から発せられた光の約32%が観察者Vに届くので、本立体画像表示システム1によれば、観察者Vは奥行き感にかかわらず均等な明るさの立体画像を視認することが可能となる。

【0093】

また、仮に、光路分岐回路10及び光路選択回路12にさらにDMDを追加して、表示装置3から発せられた光の反射回数を6にしたとしても、つまり、距離範囲の数を8にしても、表示装置3から発せられた光の約18% ($\div 0.75^6$) は観察者Vに届く。

【0094】

一方、従来の立体画像表示システムで、距離範囲の数を8にしようとする、少なくとも7個のハーフミラー230が必要となる。このような場合、最も遠い仮想スクリーンに表示される画像の光量は元々の約0.8%にまで減衰してしまい、観察者Vはこの画像をほぼ視認できない。

【0095】

以上の説明から明らかなように、本立体画像表示システム1によれば、上述のようなD

MDを使うことにより、表示装置 3 から発せられた光を少ない減衰量で観察者 V まで届けることができる。それによって、観察者がより見やすい立体画像を提供することができる。

【0 0 9 6】

(第 1 の変形例)

以上の実施形態では、各 DMD の全マイクロミラー 2 2 は時間区間 $t_1 - t_4$ のそれぞれにおいて一斉に同じ方向に傾くよう制御されていた。それゆえ、観察者 V には、図 7 に示すような立体画像、つまり、背景色が黒とならないものが視認される。それに対して、本変形例では、背景が黒の立体画像を提供可能な立体画像表示システム 1 について説明する。

【0 0 9 7】

なお、本変形例に係る立体画像表示システムは、第 1 の実施形態に係る立体画像表示システム 1 と比較すると、DMD 1 3 及び 1 7 に含まれるマイクロミラー 2 2 の傾き制御だけが相違する。それ故、本変形例において、第 1 の実施形態に係る立体画像表示システム 1 に相当する構成には同一の参照符号を付け、それぞれの説明を省略する。

【0 0 9 8】

以下、DMD 1 3 内のマイクロミラー 2 2 の傾き制御について説明する。DMD 1 3 は基本的には、図 4 を参照して説明した通りに「ON」、「OFF」及び「DC」のいずれかの状態をとる。ただし、各 DMD 1 3 において、図 4 に示す通りに「ON」及び「OFF」されるマイクロミラー 2 2 は、各時間区間 $t_1 - t_4$ で表示されるオブジェクトの外形線内を表す光を反射するものだけである。つまり、各 DMD 1 3 において、各時間区間 $t_1 - t_4$ で表示されるオブジェクトの外形線外を表す光を反射するマイクロミラー 2 2 は、上述とは逆に「OFF」及び「ON」の状態をとる。

【0 0 9 9】

例えば、時間区間 t_2 においては、オブジェクト B の画像を表す光が DMD 1 3 a で反射される。ここで、図 9 は、この時の DMD 1 3 a を上から見たときの図である。図 9 において、微小な格子はそれぞれマイクロミラー 2 2 を表している。なお、図示の都合上、「2 2」という参照符号は、1 個の格子にのみ付されている。また、実際の DMD には数十万個のマイクロミラーが存在するが、図 9 は、説明の都合上、縦 3 0 個×横 4 0 個の合計 1 2 0 0 個のマイクロミラー 2 2 を示している。以上のようなマイクロミラー 2 2 において、時間区間 t_2 の間に「OFF」となるのは、図 9 に示すように、オブジェクト B の外形線内の画素を担当するものだけである。

【0 1 0 0】

これによって、図 1 0 A に示すように、入射光 L のうち、オブジェクト B の外形線内を表すものは DMD 1 3 c の方向に中間光 $L_i c$ として反射される。逆に、時間区間 t_2 では、DMD 1 3 a において、オブジェクト B の外形線外の画素を担当するマイクロミラー 2 2 は、「ON」に設定される。このように設定されたマイクロミラー 2 2 が DMD 1 3 c の方向へと光を反射するには、図 1 0 A に示すように、法線 L_v の方向に対して左 4 0 ° の方向（矢印 α を参照）からの入射光がなければならない。しかしながら、このような方向には DMD 1 3 はおろか、何らの光源も無い。従って、部分光 L_b において、オブジェクト B の外形線外に相当する部分は黒く表示されるようになる。

【0 1 0 1】

また、図 1 0 A に示す DMD 1 3 a において、ON になっているマイクロミラー 2 2 は、入射光 L を DMD 1 3 b の方向に反射可能である。時間区間 t_2 において、DMD 1 3 b は DC に設定されるので、この間に DMD 1 3 a の方向から入射される光は、凸レンズ 1 5 a 又は 1 5 c を通って光路選択回路 1 2 の DMD 1 7 b に送られる。しかし、時間区間 t_2 において、DMD 1 7 b は DC に設定され、DMD 1 7 a は ON に設定される。したがって、図 1 0 B に示すように、たとえ DMD 1 7 b の方向（矢印 β を参照）からの光が DMD 1 7 a に入射されても、DMD 1 7 a は、このような入射光をレンズ 5 の方向へは反射しない。

【0102】

以上のような制御により、時間区間 t_2 において、レンズ 5 には、DMD 13 a → DMD 13 c → 凸レンズ 15 b → DMD 17 c → DMD 17 a という光路を辿ってきた光のみが入射される。それ故、時間区間 t_2 の間、DMD 13 a において、ON になっているマイクロミラー 22 を反射した光は観察者 V には届かず、その結果、観察者 V は、オブジェクト B 以外のエリアが黒い立体画像を視認することができる。

【0103】

ところで、例えばオブジェクト B は、観察者 V にとってオブジェクト A よりも奥に位置するように視認される。もし、オブジェクト B 及び A が観察者 V からみて重なり合う場合、後から表示されるオブジェクト B において、オブジェクト A と重なり合う部分を表示させると、オブジェクト A と重なり合ったオブジェクト B の一部分が、透き通って見えてしまう。このような不具合を解消するため、図 9 に示すように、オブジェクト B において、オブジェクト A と重なり合う箇所を反射するマイクロミラー 22 は「ON」に設定される。

。

【0104】

他の時間区間 t_1 、 t_3 及び t_4 についても同様である。これによって、図 11 に示すような各仮想スクリーン SA-SD 上に、背景が黒のオブジェクト A-D が表示され、これらオブジェクト A-D を含む画像は図 12 に示すように時間 t 毎に切り替えられる。これによって、図 13 に示すように、観察者 V にとって違和感の無い立体画像を提供することが可能となる。

【0105】

(第 2 の変形例)

また、前述の実施形態において、立体画像表示システム 1 において、遠焦点化装置 4 は 1 段であったが、複数段備わっていても構わない。本変形例では、複数の遠焦点化装置 4 を備える立体画像表示システムの例について説明する。図 14 は、立体画像表示システム 101 の全体構成を示す模式図である。図 14 において、立体画像表示システム 101 は、前述の立体画像表示システム 1 と比較すると、遠焦点化装置 4 の代わりに、直列に光結合された 2 個の遠焦点化装置 4 a 及び 4 b とを備える点で相違する。それ以外に両立体画像表示システム 1 及び 101 の間に相違点はない。それ故、図 14 において、図 1 の構成に相当するものには同一の参照符号を付け、それぞれの説明を省略する。

【0106】

また、図 15 は、図 14 に示す遠焦点化装置 4 a 及び 4 b の詳細な構成を示す模式図である。図 15 において、遠焦点化装置 4 a 及び 4 b は、図 1 に示す遠焦点化装置 4 と比較すると、遠焦点化部 11 の代わりに、遠焦点化部 11 a 及び 11 b を備える点でそれぞれ相違する。それ以外に遠焦点化装置 4 と、遠焦点化装置 4 a 及び 4 b との間に相違点はない。それ故、図 15 において、図 1 に示す構成に相当するものには同一の参照符号を付け、それぞれの説明を省略する。

【0107】

遠焦点化部 11 a 及び 11 b は、凸レンズ 151 及び 152 を、 2^n 個又は $(2^n - 1)$ 個含む。なお、図 15 には、前述の実施形態における例と同様に、 2^n 個の凸レンズ 151 及び 152 が遠焦点化部 11 a 及び 11 b に備わっており、さらに、 $n=2$ の場合について示されている。このような構成の場合、遠焦点化装置 4 a は 4 通りの光路を持ち、遠焦点化装置 4 b も 4 通りの光路を持つ。したがって、遠焦点化装置 4 a 及び 4 b を直列に光結合することにより、表示装置 3 からレンズ 5 の間には、 $4 \times 4 = 16$ 通りの光路が形成される。ここで、各凸レンズ 151 及び 152 の焦点距離は、全凸レンズ 151 から選ばれた 1 個と、全凸レンズ 152 から選ばれた 1 個とを組み合わせたものの焦点距離が互いに異なるように選ばれる。また、このような立体画像表示システム 101 において、前述の実施形態と同様に、DMD のマイクロミラーの傾きが制御されると、観察者 V に対して、16 種類の奥行き感がある立体映像が提供される。

【0108】

また、本変形例における光量は、DMDでの反射が8回（4回×2）となるので、表示装置3が発する光の約10%（ $=0.75^8$ ）が観察者Vに届く。このような値は、前述の実施形態と比較すると劣るが、従来のハーフミラー重畳方式で16種類の奥行き感のある立体画像を提供しようとする、観察者Vから近いものから数えて4枚目の仮想スクリーンにおいて、本変形例の光量を下回る約6%になってしまう。また、7枚目の仮想スクリーンでの光量は、表示装置が発する光量の1%であり、最も遠い16枚目の仮想スクリーンでの光量は、その約0.003%になってしまう。つまり、従来のハーフミラー重畳方式では、本変形例のような多数の奥行き感を表現することは、現実的に不可能であることが分かる。

【0109】

（第3の変形例）

なお、以上の実施形態及び各変形例では、レンズ5の光軸上に基準となるDMD13aが配置され、2個のDMD13b及び13cが光軸を基準として互いに対称な位置に配置されていた。また、DMD17a-17cも同様に配置されていた。しかし、これに限らず、図16に示すように、立体画像表示システム1又は101において、 $(2^n - 1)$ 個のDMD13又は17は直列に配置されても構わない。この場合、DMD13又は17による反射回数が多ければ多いほど、観察者Vに届く光量は減衰するが、この場合、遠くに見えるオブジェクトを表す光の光路が長くなるようにDMD13又は17を配置し、近くに見えるオブジェクトを表す光の光路が短くなるように、DMD13又は17を配置したり、遠くに見えるオブジェクトを表す光の反射回数を多くし、近くに見えるオブジェクトを表す光の反射回数を少なくしたりすることが可能となる。なお、図16に示す立体画像表示システム1又は101についても、前述の実施形態と同様に、従来の立体画像表示システムとの光量比を図17に示す。

【0110】

なお、以上の説明において、各遠焦点化部は、凸レンズから構成されるとして説明したが、これに限らず、凹レンズ、凸面鏡又は凹面鏡若しくはこれらを組み合わせたり、レンズの特性を持ったHOE（ホログラフィック光学素子）を用いたりして実現することも可能である。

【0111】

なお、以上の実施形態では、データ蓄積部8には、各オブジェクトの奥行き値が格納されるとして説明したが、これに限らず、データ蓄積部8は、各オブジェクトに予め割り当てられる距離範囲を格納してもよい。

【0112】

また、以上の説明では、反射部材6としてハーフミラーを備える例も説明したが、反射部材6に代えて、ハーフミラーの特性を持ったHOE（ホログラフィック光学素子）を備えていても構わない。

【0113】

また、以上の第1の変形例では、マイクロミラー22の傾きの制御により、複数のオブジェクトにおいて重なり合う部分の画像を観察者Vに見せないようにしていた。しかし、これに限らず、表示装置3自体が、一番観察者V寄りのものを除く全オブジェクトにおいて互いに重なり合う部分を表示しないようにしても構わない。

【0114】

また、反射部材6がハーフミラーの場合には、観察者Vは、実風景に立体画像が重畳された像を観ることになる。この場合、表示装置3は、実風景よりも遠くに表示されるべき部分の映像光を出力しないようにしても構わない。他にも、表示装置3は、オブジェクト同士間の重なり、オブジェクトと実風景との重なりにかかわらず、与えられたデータに従って完全な画像を表す光を発するようにしても構わない。

【産業上の利用可能性】

【0115】

本発明に係る立体画像表示システムは、観察者がより見やすい立体画像を提供すること

が要求される様々な表示装置等、例えば、ヘッドアップディスプレイ、自動車シミュレータ、フライトシミュレータ、ゲーム機、テーマパーク又は遊園地で立体画像を提供可能なアトラクションに適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0 1 1 6】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態に係る立体画像表示システム 1 の全体構成を示す模式図

【図 2 A】 図 1 に示す DMD 1 3 又は 1 7 の詳細な動作を示す第 1 の模式図

【図 2 B】 図 1 に示す DMD 1 3 又は 1 7 の詳細な動作を示す第 2 の模式図

【図 2 C】 図 1 に示す DMD 1 3 又は 1 7 の詳細な動作を示す第 3 の模式図

【図 2 D】 図 1 に示す DMD 1 3 による光の反射を示す第 1 の模式図

【図 2 E】 図 1 に示す DMD 1 7 による光の反射を示す第 2 の模式図

【図 3】 図 1 に示すデータ蓄積部 8 に格納されるデータが表すオブジェクトを例示する模式図

【図 4】 図 1 に示す各 DMD 1 3 及び 1 7 の動作を示すタイミングチャート

【図 5】 図 1 に示す立体画像表示システム 1 により仮想的に形成される仮想スクリーンを例示する模式図

【図 6】 図 5 に示す各仮想スクリーンに表示される画像の遷移を示す状態遷移図

【図 7】 図 1 に示す立体画像表示システム 1 により提供される立体画像を例示する模式図

【図 8】 図 1 に示す立体画像表示システム 1 の有利な点を示す図

【図 9】 第 1 の実施形態の変形例（第 1 の変形例）における DMD 1 3 a を真上から観たときの模式図

【図 1 0 A】 図 9 に示す DMD 1 3 a のマイクロミラー 2 2 の状態を示す模式図

【図 1 0 B】 図 9 に示す DMD 1 3 a により反射された光が DMD 1 7 a にどのように入射され反射されるかを示す模式図

【図 1 1】 第 1 の変形例に係る立体画像表示システム 1 により仮想的に形成される仮想スクリーンを例示する模式図

【図 1 2】 図 1 1 に示す各仮想スクリーンに表示される画像の遷移を示す状態遷移図

【図 1 3】 第 1 の変形例に係る立体画像表示システム 1 により提供される立体画像を例示する模式図

【図 1 4】 第 1 の実施形態の変形例（第 2 の変形例）に係る立体表示装置 1 0 1 の構成を示す模式図

【図 1 5】 図 1 4 に示す遠焦点化装置 4 a 及び 4 b の詳細な構成を示す模式図

【図 1 6】 第 1 の実施形態の変形例（第 3 の変形例）に係る立体画像表示システム 1 又は 1 0 1 の構成を部分的に示す模式図

【図 1 7】 図 1 6 に示す立体画像表示システム 1 又は 1 0 1 の有利な点を示す図

【図 1 8】 パララックスバリア方式を採用した一般的な立体画像表示システムの全体構成を示す模式図

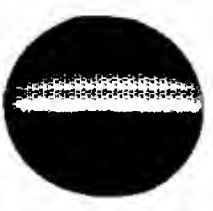
【図 1 9】 従来の立体画像表示システムの全体構成を示す模式図

【図 2 0】 図 1 7 に示す立体画像表示システムの問題点を示す模式図

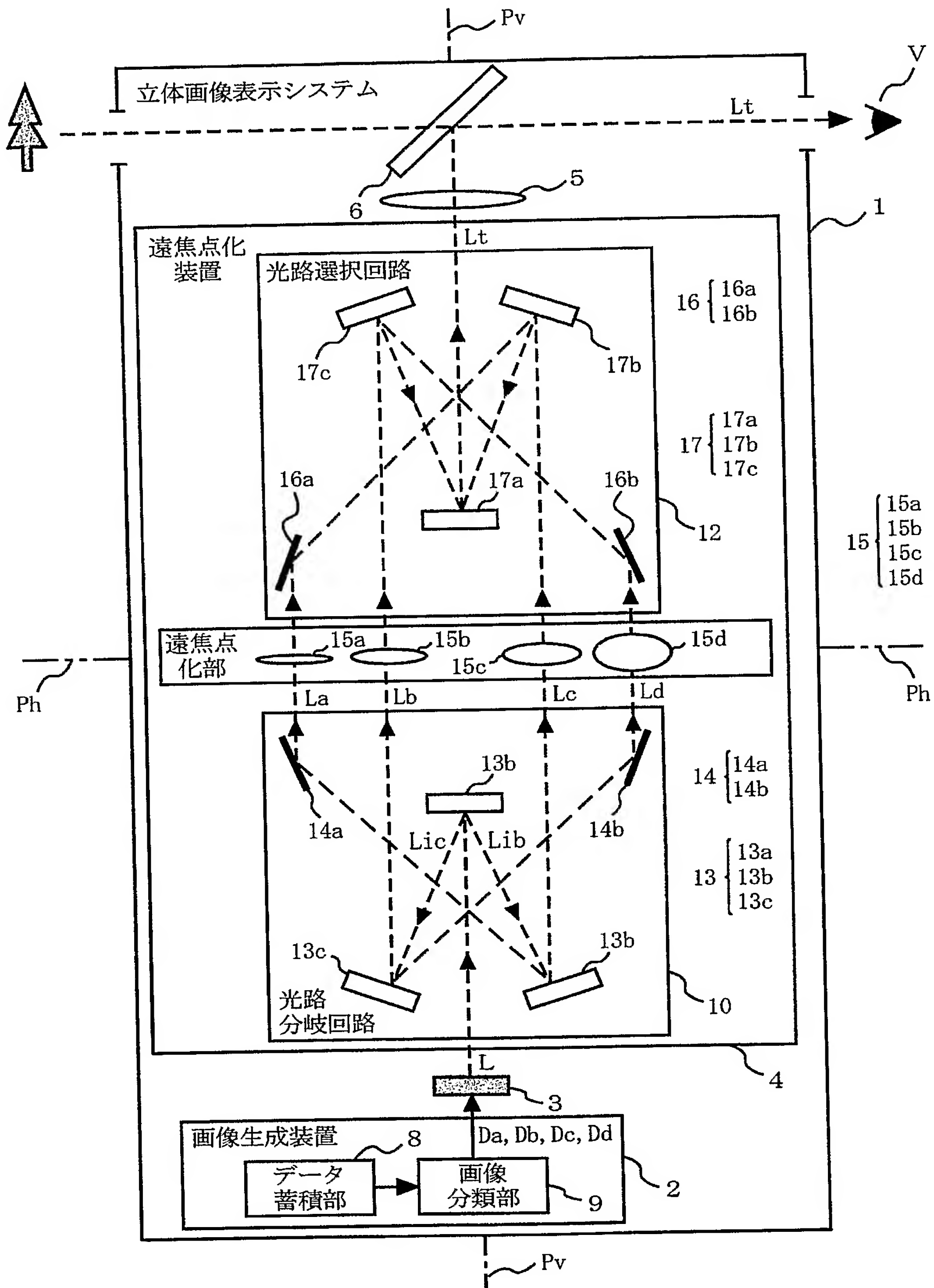
【符号の説明】

【0 1 1 7】

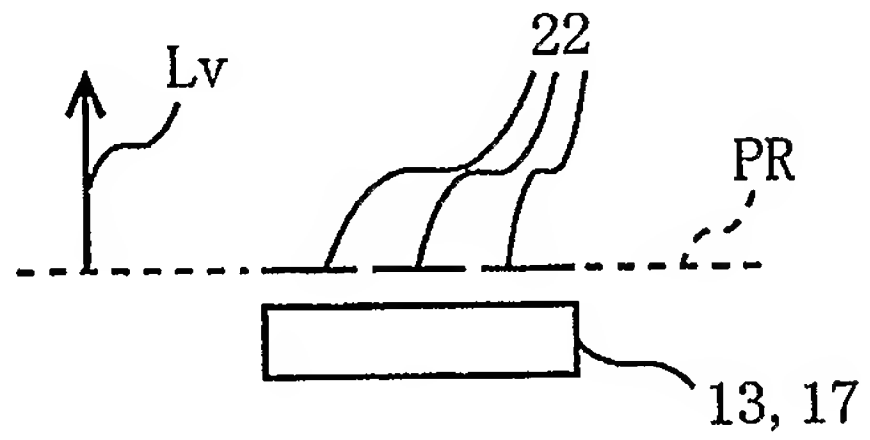
- 1, 1 0 1 立体画像表示システム
- 2 画像生成装置
- 8 データ蓄積部
- 9 画像分類部
- 3 表示装置
- 4, 4 a, 4 b 遠焦点化装置
- 1 0 光路分岐回路

- 
- 1 3 DMD
 - 1 4 反射部材
 - 1 1 遠焦点化部
 - 1 5, 1 5 1, 1 5 2 凸レンズ
 - 1 2 光路選択回路
 - 1 6 反射部材
 - 1 7 DMD
 - 2 2 マイクロミラー
 - 5 レンズ
 - 6 反射部材

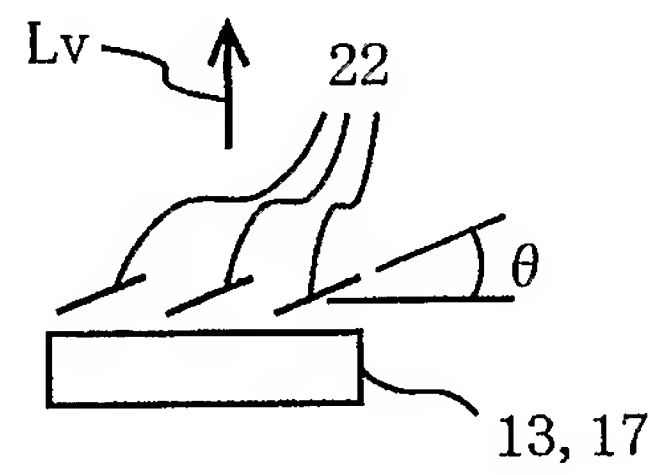
【書類名】 図面
【図 1】



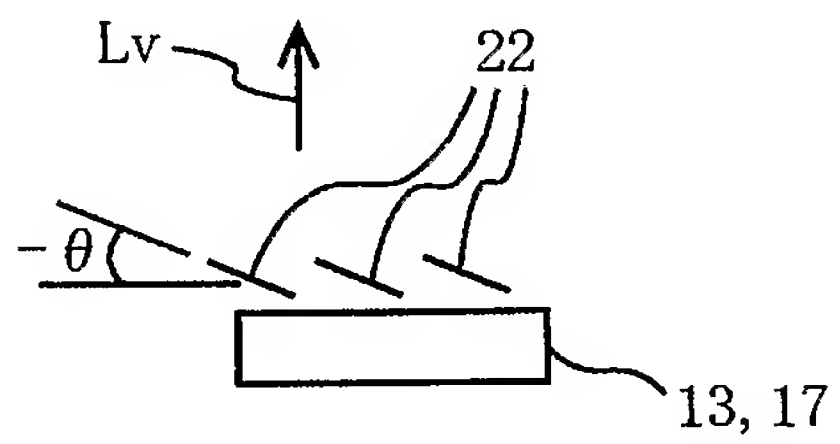
【図 2 A】



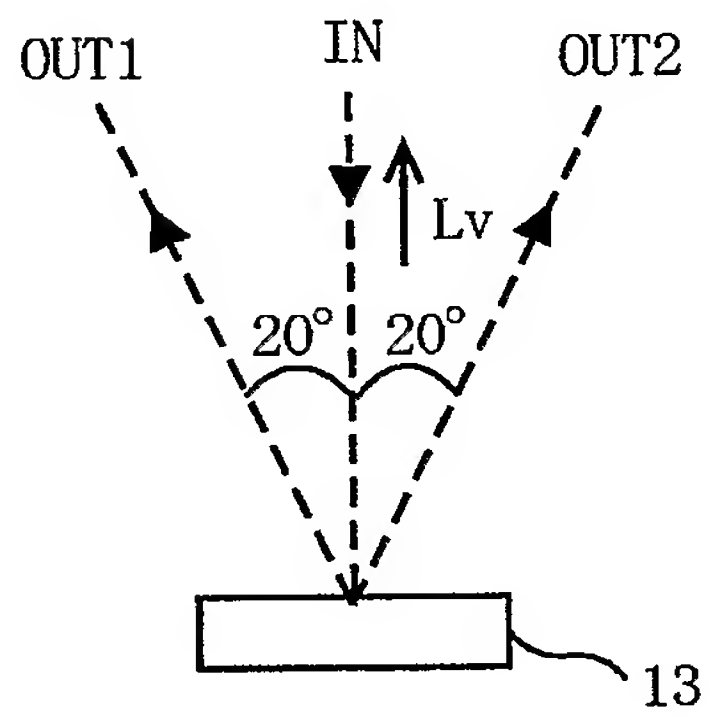
【図 2 B】



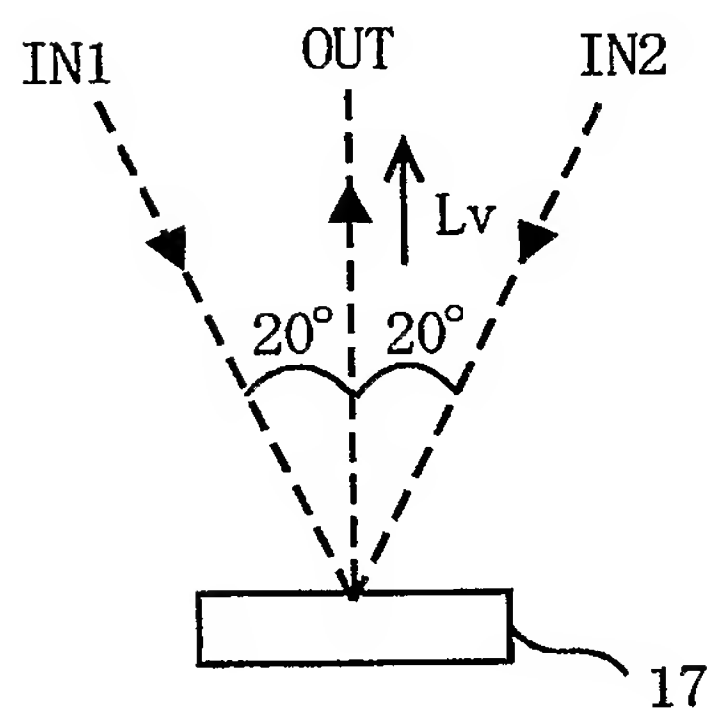
【図 2 C】



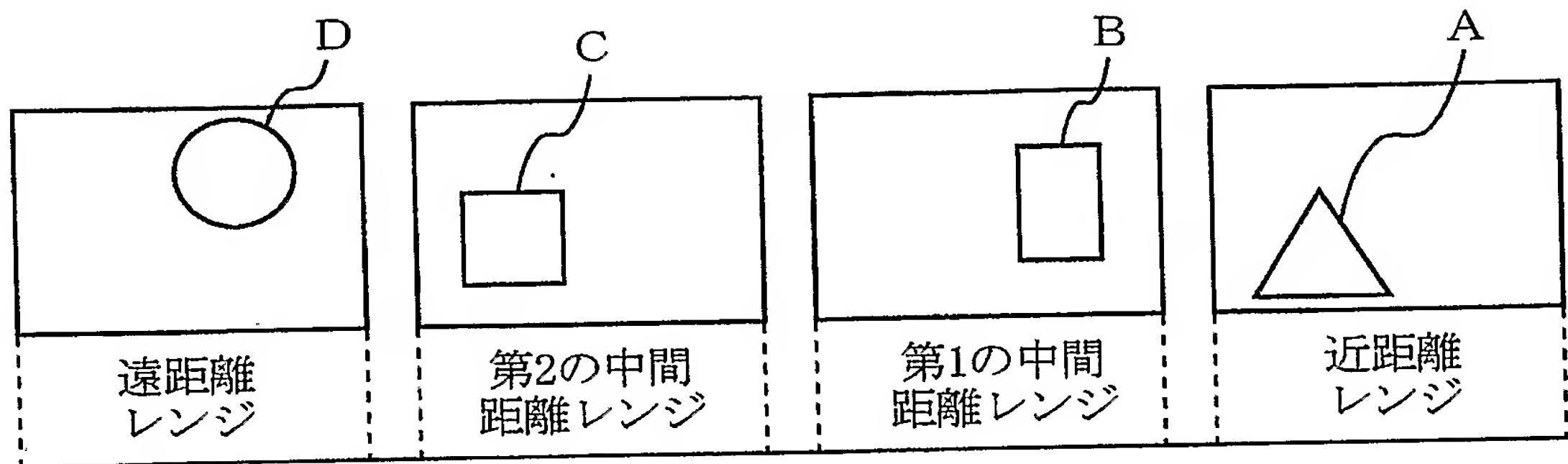
【図 2 D】



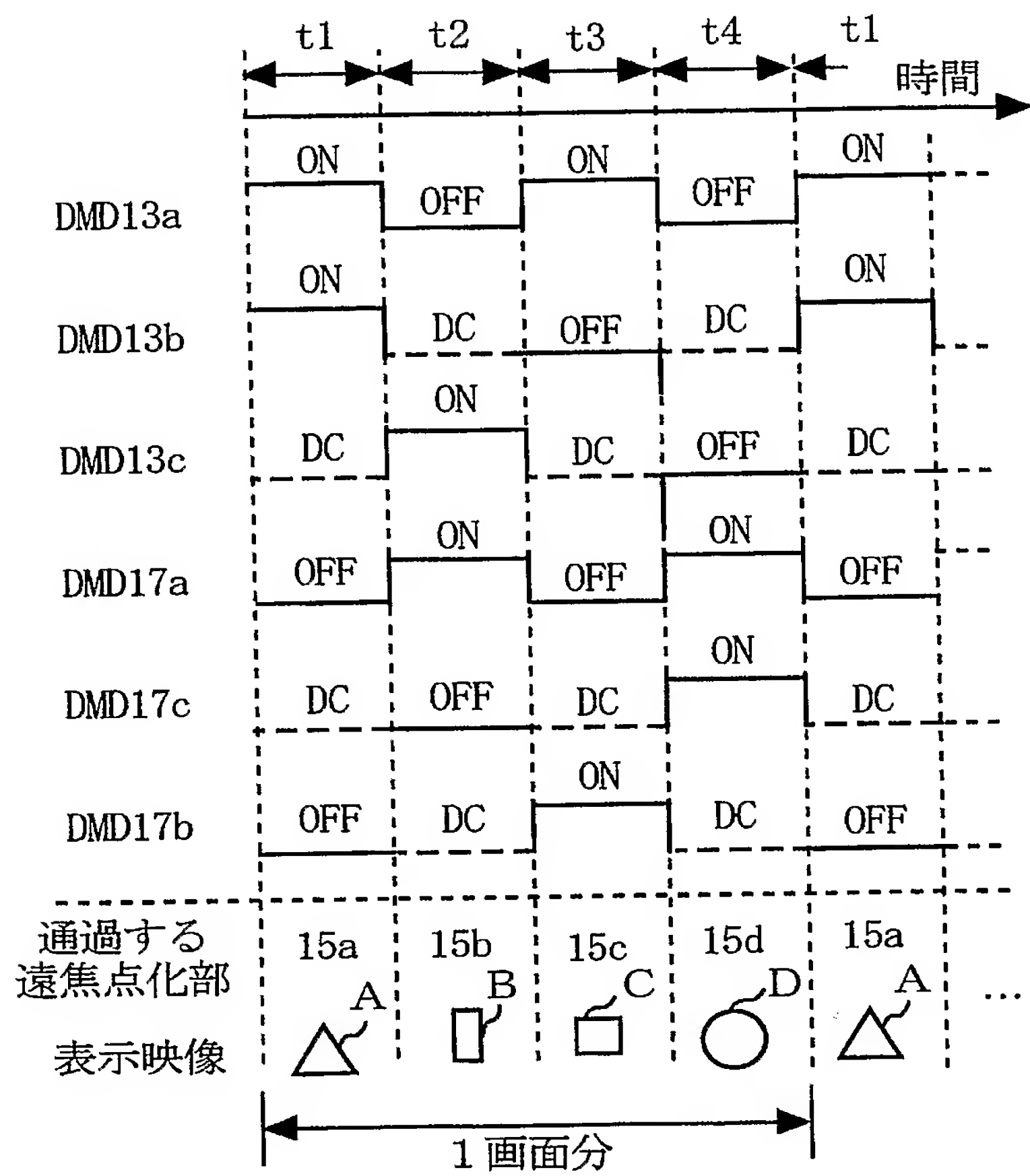
【図 2 E】



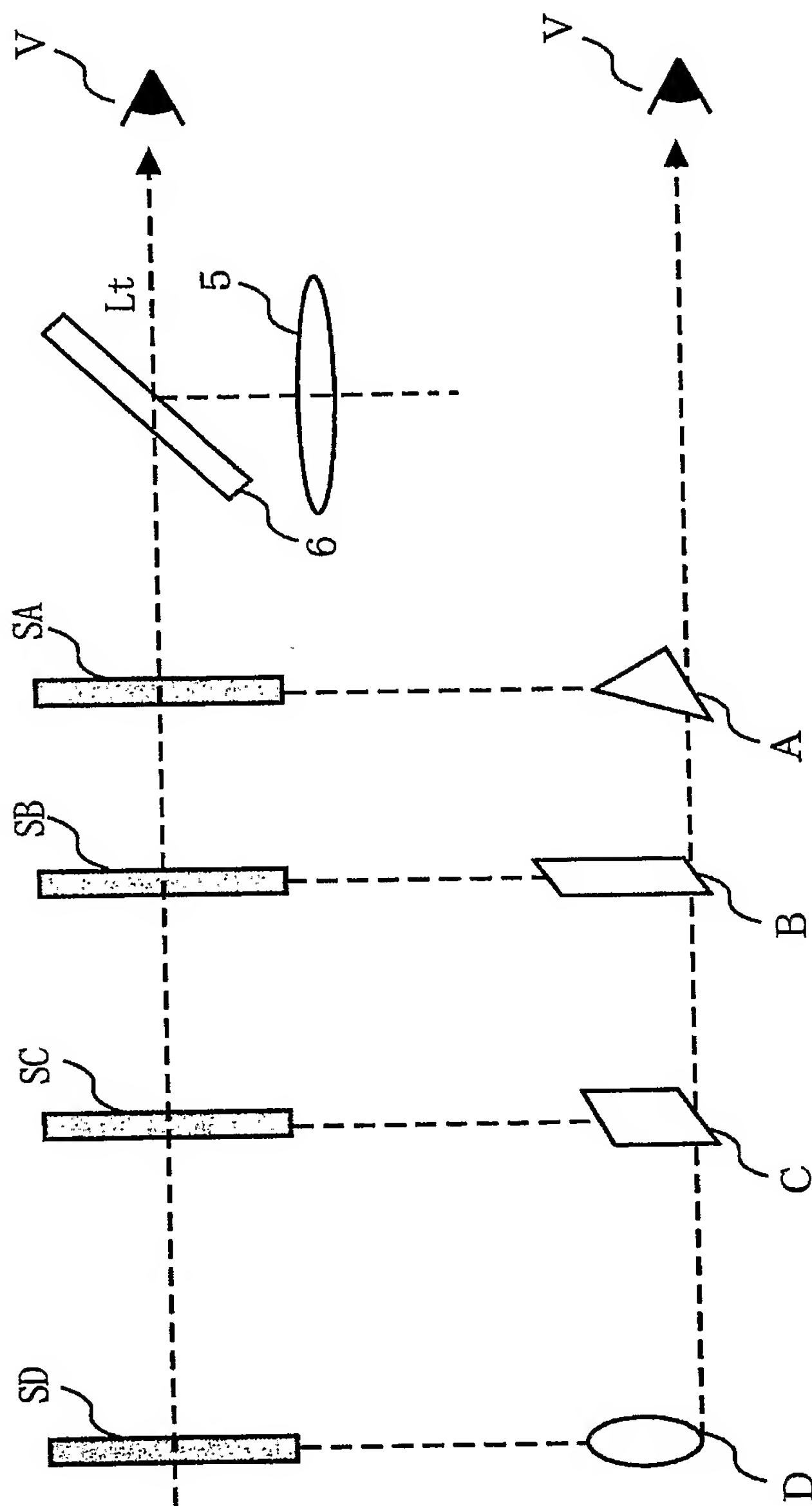
【図 3】



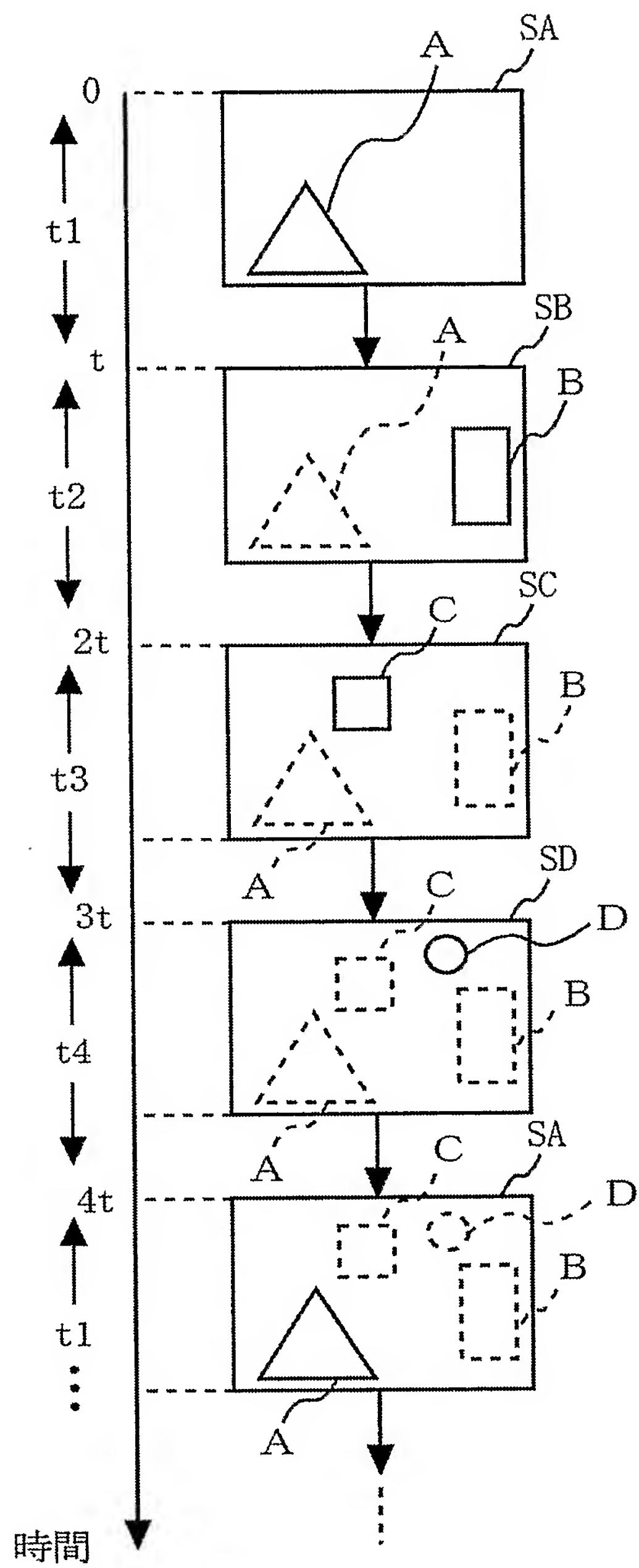
【図 4】



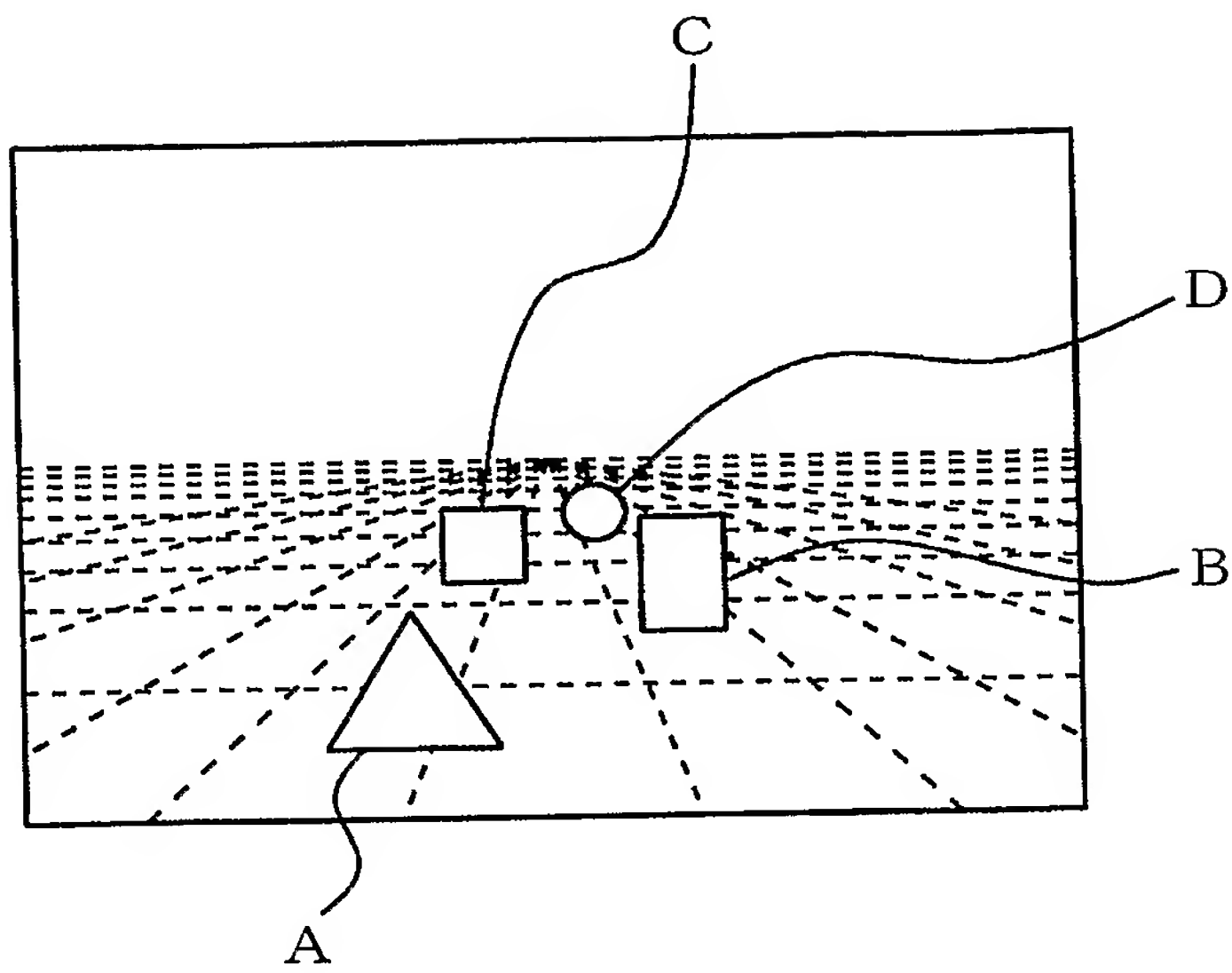
【図 5】



【図 6】



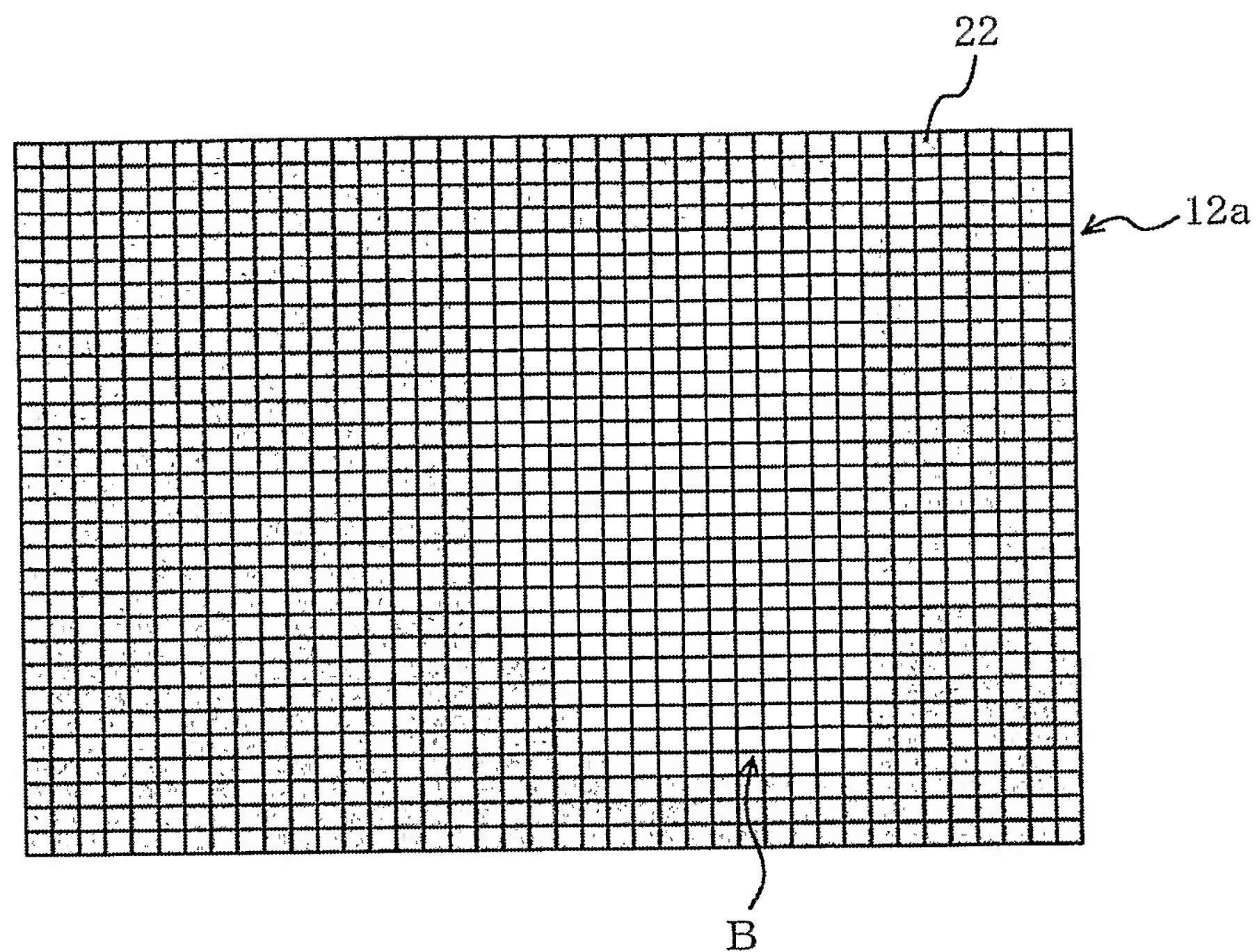
【図 7】



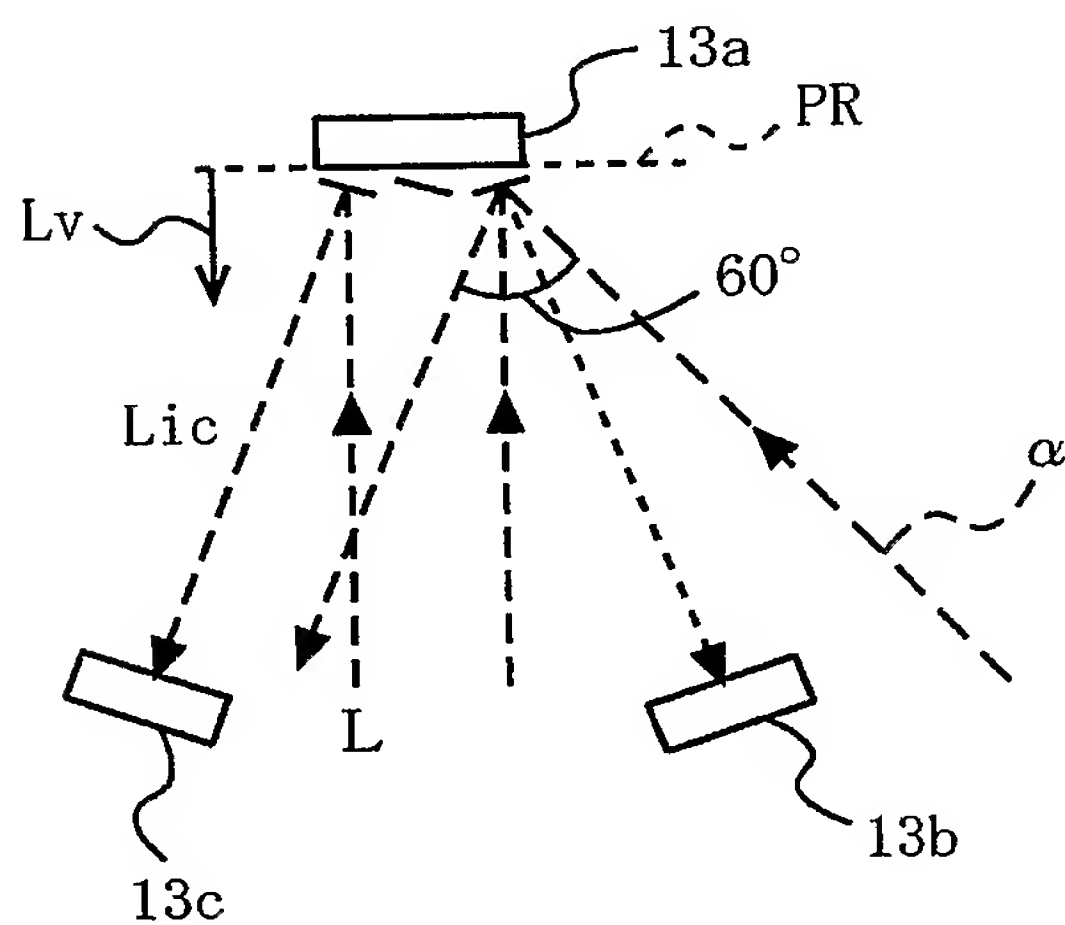
【図 8】

	仮想スクリーンにおける光量(光源との比)			
	近距離用 仮想スクリーン	第 1 の中間距離用 仮想スクリーン	第 2 の中間距離用 仮想スクリーン	遠距離用 仮想スクリーン
立体画像表示システム 1	32% (仮想スクリーンSA)	32% (仮想スクリーンSB)	32% (仮想スクリーンSC)	32% (仮想スクリーンSD)
従来の ハーフミラー重畳方式	50% (ハーフミラー230S)	25% (ハーフミラー230I)	13% (ハーフミラー230Ib)	13% (ハーフミラー230L)

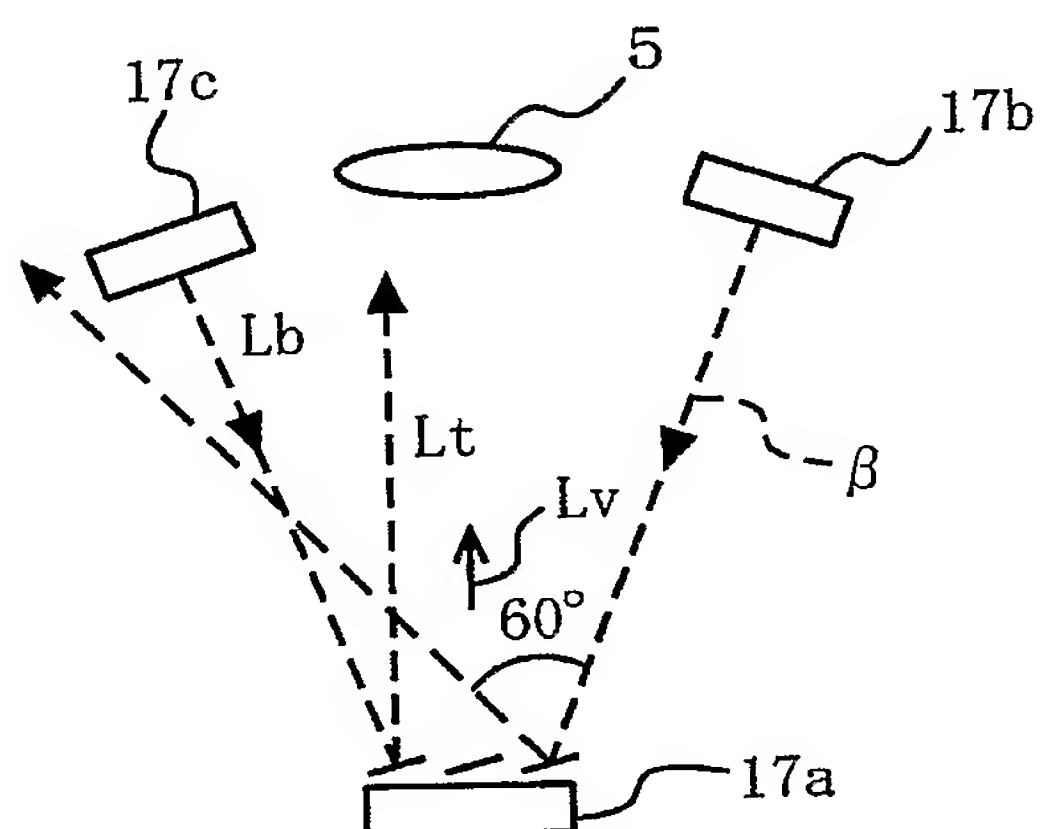
【図 9】



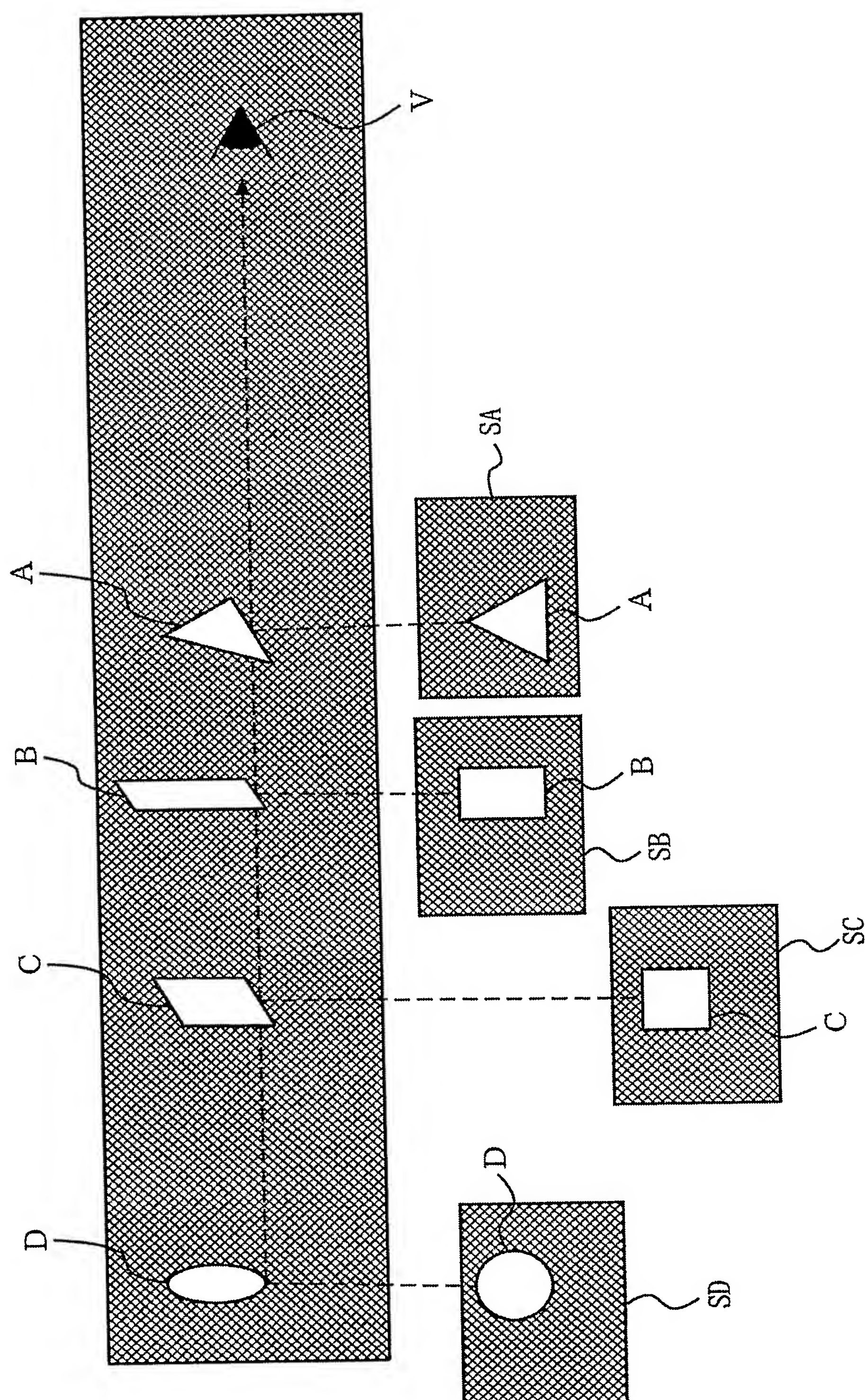
【図 10 A】



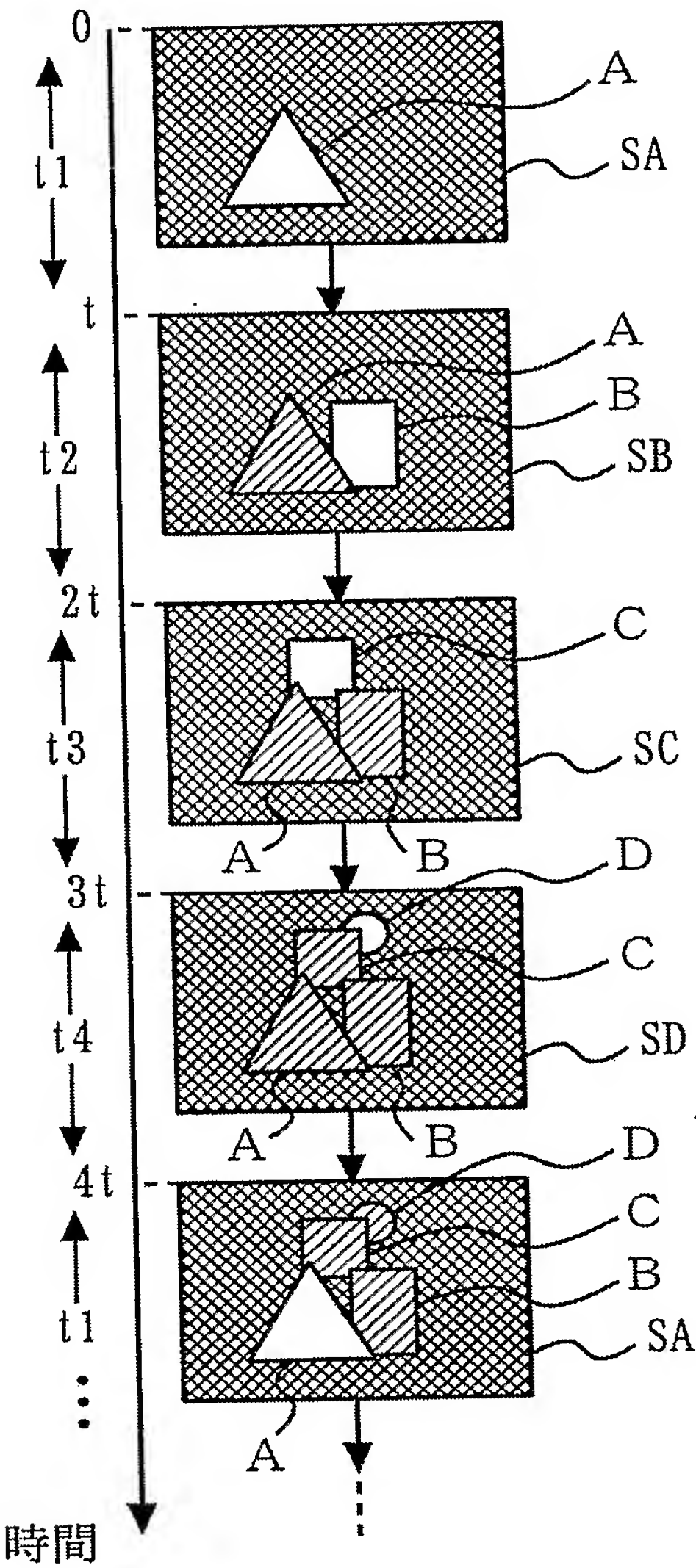
【図 10 B】



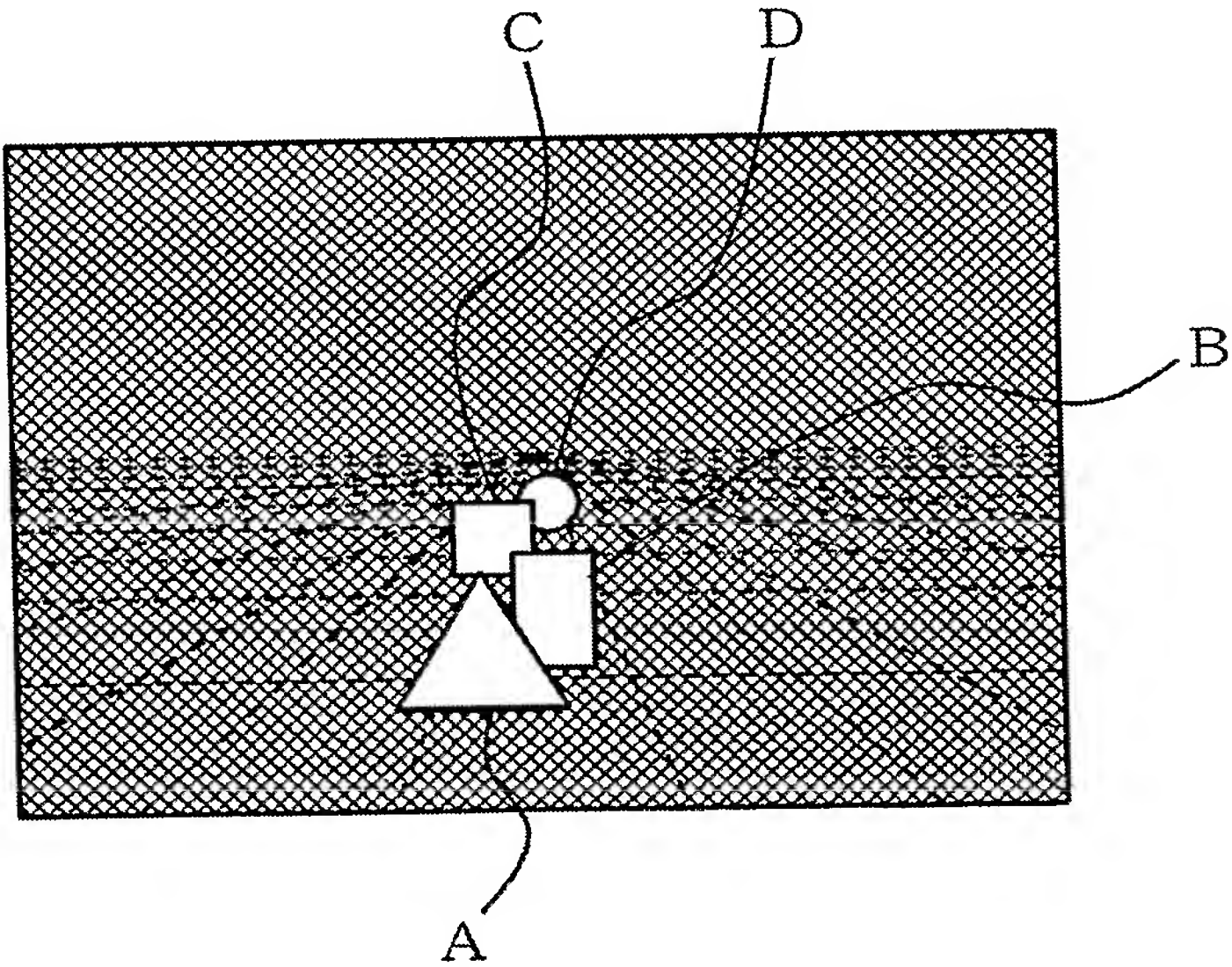
【図 11】



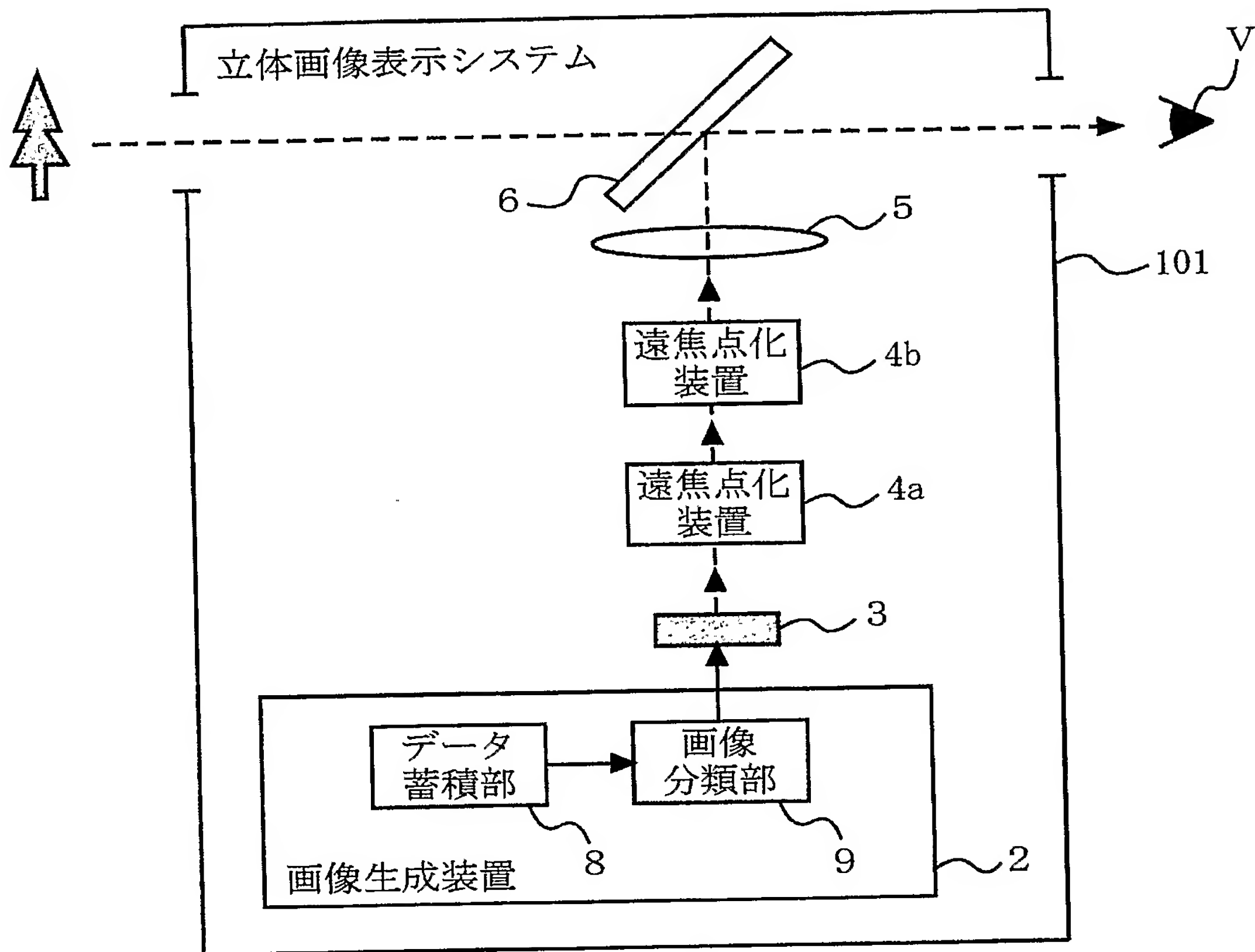
【図 1 2】



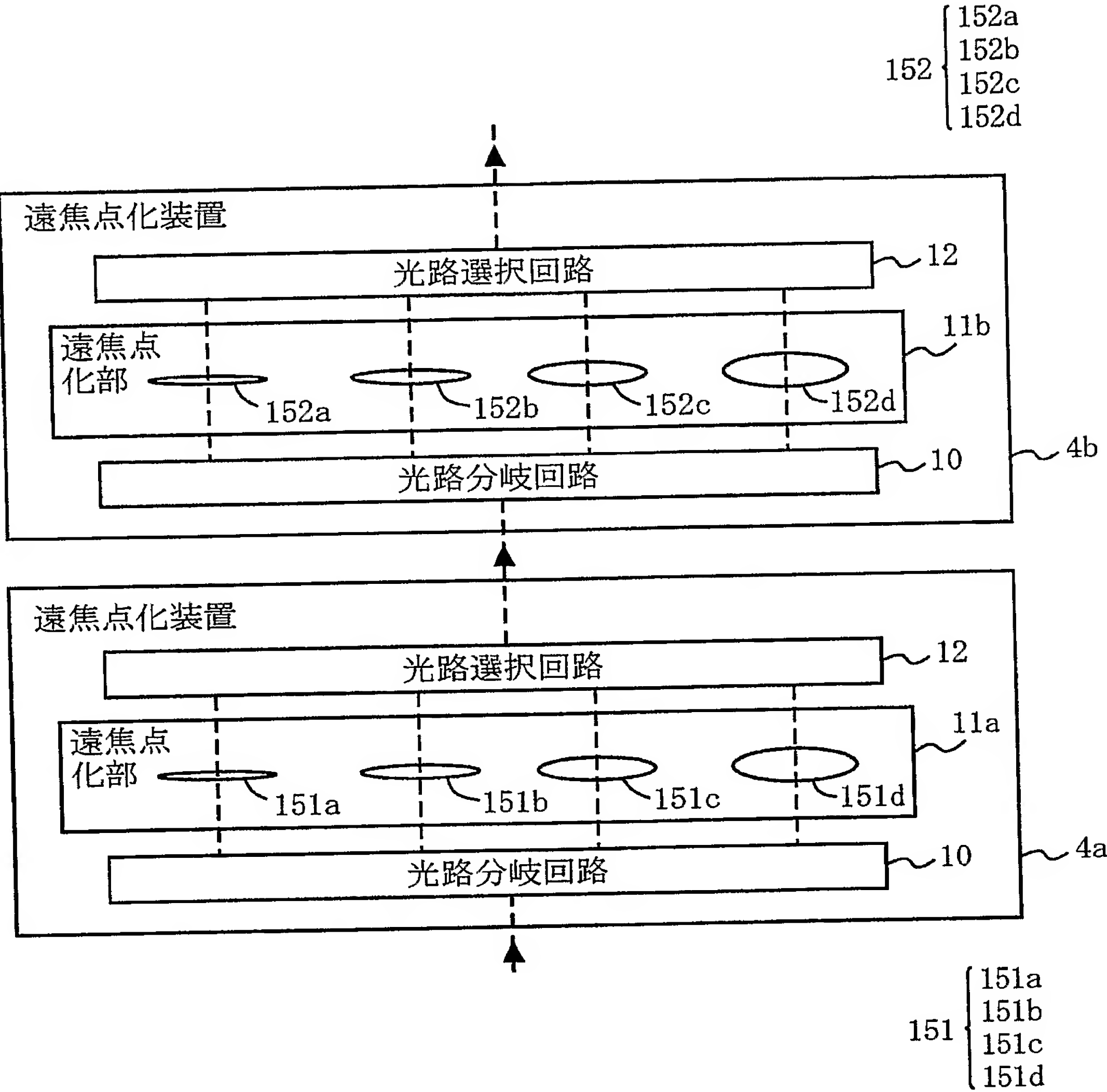
【図 1 3】



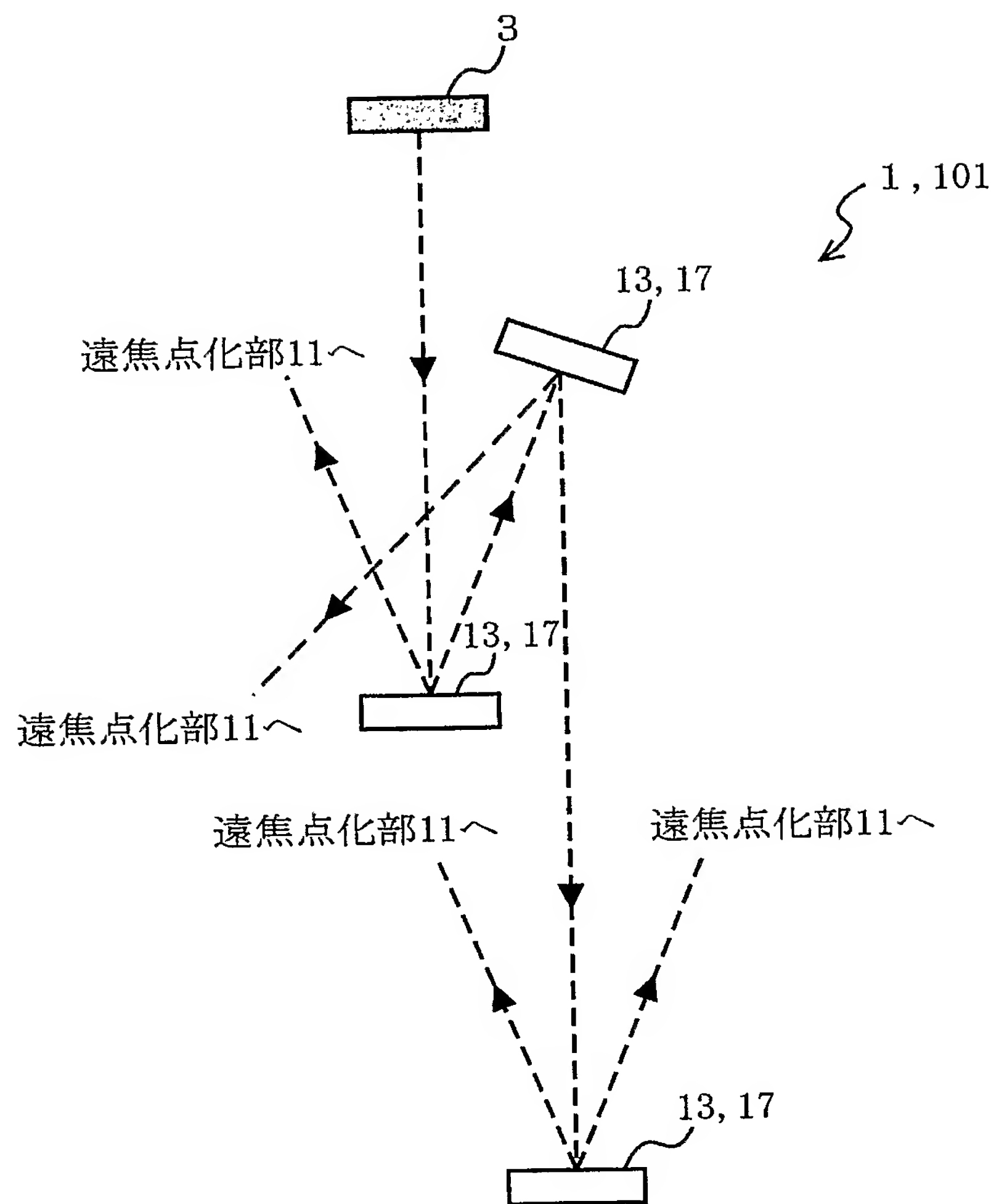
【図 1 4】



【図 15】



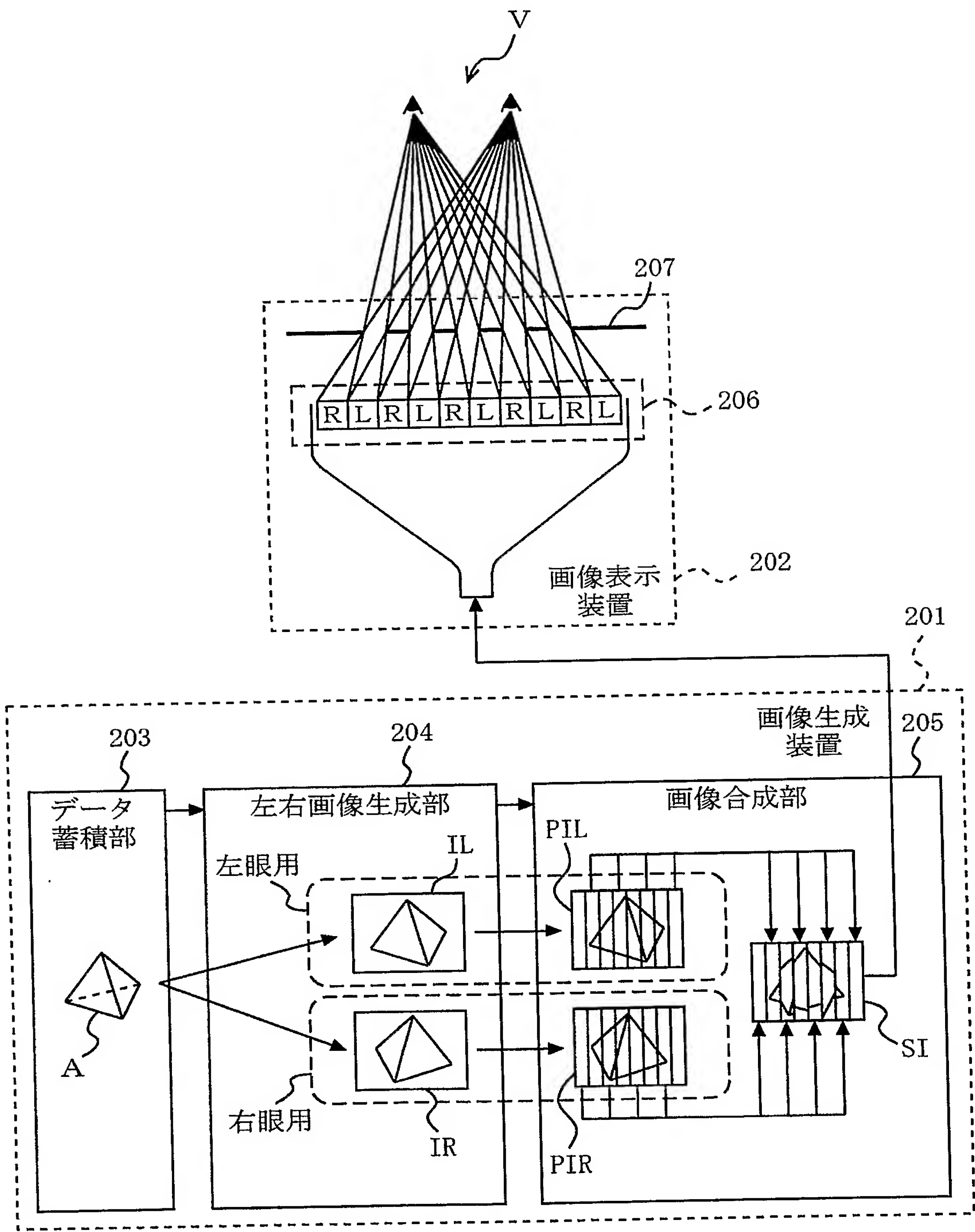
【図 16】



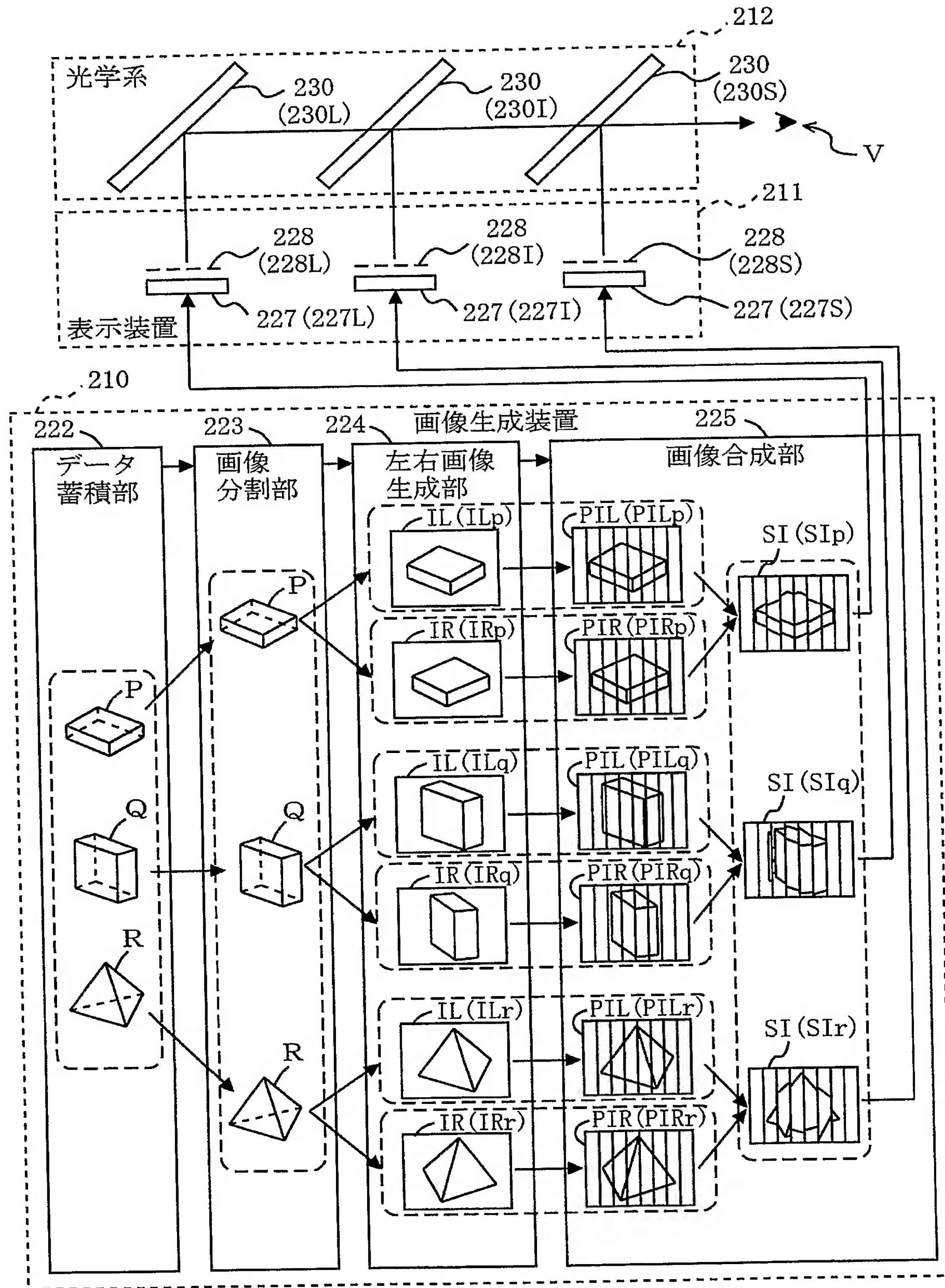
【図 1 7】

	仮想スクリーンにおける光量(光源との比)			
	近距離用 仮想スクリーン	第1の中間距離用 仮想スクリーン	第2の中間距離用 仮想スクリーン	遠距離用 仮想スクリーン
立体画像表示システム 1, 101	56%	32%	18%	18%
〔DMD素子での反射回数(分岐+選択)	2回	4回	6回	6回
従来のハーフミラー重畳方式	50%	25%	13%	13%

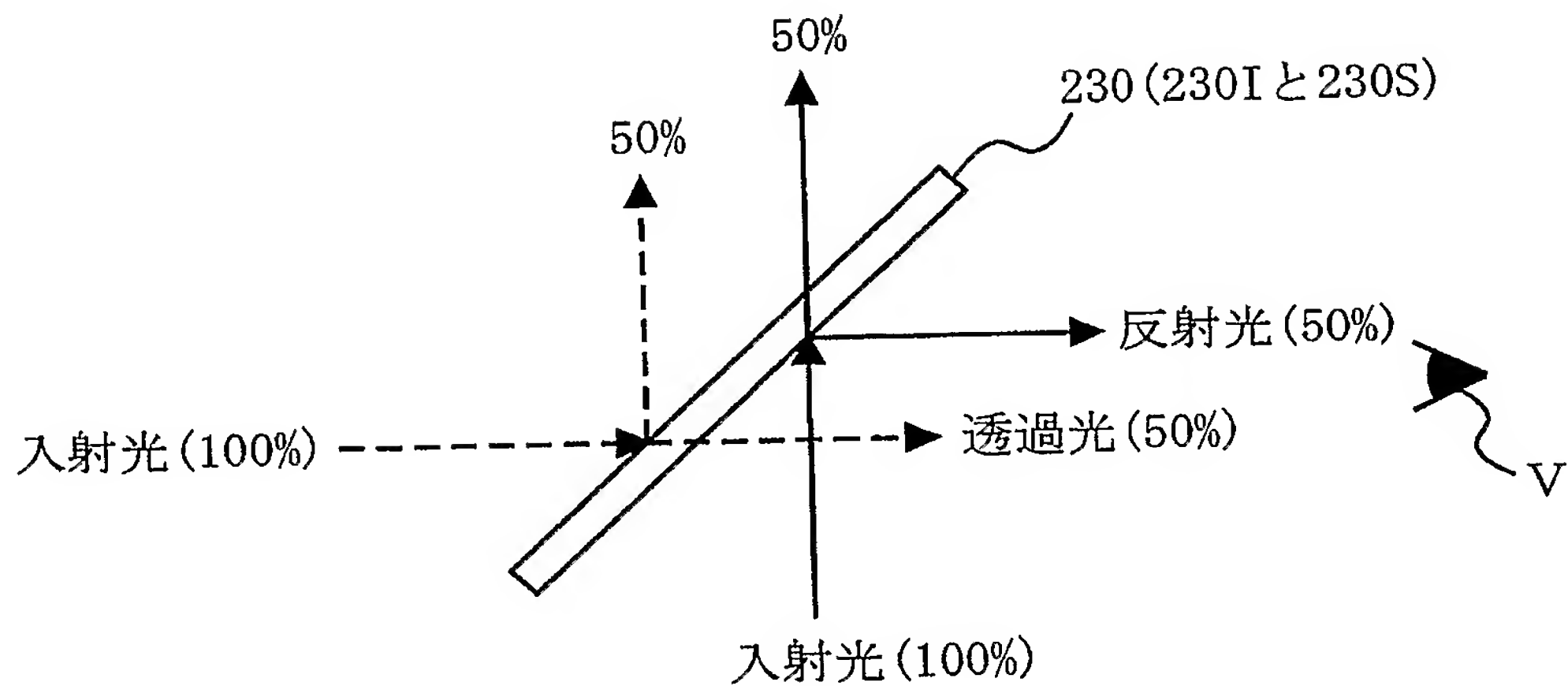
【図 18】



【図 19】



【図 2 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 観察者がより見やすい立体画像を提供することができる立体画像表示システムを提供すること。

【解決手段】 立体画像表示システム 1 において、表示装置 3 は、画像生成装置 2 から出力された各データに対して順次的に表示処理を行って、各オブジェクトを表す光が時間軸上で多重された光を発する。このような光に含まれる各オブジェクトに、遠焦点化装置 4 は、立体感又は距離感を与えて、これらオブジェクトを立体的に視認可能な立体画像光を生成する。反射部材 6 は、このような多重光を、観察者 V の方向に反射して、オブジェクトが合成された立体画像を提供する。したがって、観察者 V は、現在表示されているオブジェクトを視認すると共に、網膜に残る他のオブジェクトの残像も認識する。これによって、これらオブジェクトが奥行き方向に異なる位置に合成されたように観察者 V により認識される。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 4 - 1 9 3 6 0 9
受付番号	5 0 4 0 1 1 0 3 3 7 9
書類名	特許願
担当官	鎌田 枉規 8 0 4 5
作成日	平成 1 6 年 7 月 7 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成16年 6月30日

特願 2 0 0 4 - 1 9 3 6 0 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社